



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**VICTOR ALFONSO DIAZ PEREZ
SAID FERNANDO CASTRO CERVANTES**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA (CUC)
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA – COLOMBIA
2012**



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**VICTOR ALFONSO DIAZ PEREZ
SAID FERNANDO CASTRO CERVANTES**

**TESIS DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

**DIRECTOR
CARLOS ARTURO SUAREZ LANDAZÁBAL
INGENIERO ELECTRICISTA**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA (CUC)
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA – COLOMBIA
2012**



NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el Comité de Grado en el cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad de la Costa, CUC para optar el título de Ingeniero Eléctrico.

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

BARRANQUILLA – COLOMBIA
2012



DEDICATORIA

Primero que todo a Dios, rey de reyes, por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado la vida para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y misericordia que todos los días nos regala y siempre está ahí cuidándonos y cubriéndonos con su manto.

A nuestros padres, quienes siempre estuvieron apoyándonos en todo lo necesario para seguir con esta meta y culminar este trabajo, que con muchos sacrificios y esfuerzos logramos alcanzar este objetivo, que sin duda es para optar el título profesional de ingeniero eléctrico.



AGRADECIMIENTOS

La elaboración de una tesis implica investigación, estudio, trabajo, esfuerzo, queremos darles nuestros agradecimientos a las personas que nos ayudaron de forma directa e indirecta para la elaboración de este trabajo:

A la Universidad de la Costa (CUC) que fue la base principal de nuestra investigación y desarrollo de este trabajo.

Agradecemos al ingeniero Carlos Arturo Suarez Landazábal, director y asesor de nuestra tesis quien estuvo dándonos indicaciones y guías para el desarrollo de este trabajo.

Por abrirnos las puertas de su empresa para la elaboración de nuestras prácticas y sobre todo por enseñarnos a desenvolvemos en el mundo laboral, agradecemos al ingeniero y gerente Carlos Alberto Fernández Battles que con más de 20 años de experiencia nos explicó y nos dio recomendaciones de cómo implementar un buen plan de mantenimiento en todo lo relacionado a una subestación eléctrica.



TABLA DE CONTENIDO

	págs.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	20
4. ANTECEDENTES	21
5. ESTADO DEL ARTE	22
6. MARCO TEORICO	23
6.1 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELECTRICAS	23
6.1.1 La misión del mantenimiento	23
6.1.2 El ciclo del mantenimiento	23
6.2 DEFINICION DEL MANTENIMIENTO	24
6.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO	25
6.3.1 Mantenimiento correctivo	25
6.3.2 ¿QUÉ ES MANTENIMIENTO CORRECTIVO?	25
6.3.3 Mantenimiento correctivo emergente	26
6.3.4 Mantenimiento correctivo programable	26
6.4 ¿QUÉ ES MANTENIMIENTO PREVENTIVO?	26
6.4.1 EL PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
6.4.2 CARACTERISTICAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
6.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	28
6.6 FILOSOFIA DEL MANTENIMIENTO	29
7. METODOLOGIA DEL MANTENIMIENTO	29
7.1 Inspección	29
7.2 planificación	30
7.3 programación	30
7.4 ejecución	31



7.5 retroalimentación	32
7.6 servicio técnico	32
8. GRUPO DE MANTENIMIENTO Y SU RESPONSABILIDADES	33
8.1 CARACTERISTICAS DEL GRUPO DE MANTENIMIENTO	34
8.2 ¿POR QUÉ HACER UN BUEN MANTENIMIENTO?	35
9. NUEVAS TENDENCIAS EN EL MANTENIMIENTO	36
9.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	36
9.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	36
9.3 Análisis Causa-Raíz (RCA)	37
9.4 Optimización de estrategia de mantenimiento	37
9.5 Inspección basada en riesgo	38
9.6 Control estadístico	38
10. GUÍA DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS ELECTRICOS EN SUBESTACION ELECTRICA	38
10.1 Condiciones generales de seguridad	38
11. REGLAS DE SEGURIDAD PARA EJECUTAR TRABAJOS EN TENSIÓN	42
12. SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS	47
12.1 Preparación para el trabajo	47
13. MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA	49
14. PLAN DE TRABAJOS A LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA	52
14.1 TRABAJOS DE MANTEMIENTOS REALIZADOS A LOS TRANSFORMADORES	52
14.2 PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD PARA EL TRANSFORMADOR	53
14.3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	54
14.3.1 Medida de relación de transformación	54
14.3.2 Medida de resistencia de aislamiento en los devanados	54
14.3.3 Medida de resistencia óhmica de los devanados	55
14.3.4 Temperatura	55
14.3.5 Determinación de las condiciones físico químicas del aceite	55



14.3.6 procedimiento en caso de ser viable el mantenimiento	56
15. TRABAJOS DE MANTENIMIENTO REALIZADOS A LOS SECCIONADORES DE MEDIA TENSION	57
15.1 Precauciones o procedimientos a tener en cuenta	59
15.2 Ensayos sobre los seccionadores	60
15.3 Ensayos sobre los aisladores	60
15.4 Ensayos de rutina	60
16. TRABAJOS DE MANTENIMIENTOS A REALIZAR EN TABLEROS ELECTRICOS	61
16.1 ¿Qué es un tablero eléctrico?	61
16.2 MANTENIMIENTO A TABLEROS ELÉCTRICOS	62
16.3 Herramientas necesarias para el mantenimiento de tableros eléctricos	69
16.4 Competencias técnicas de los operarios destinados a mantenimiento de tableros eléctricos	71
17. PROGRAMACION PERIODICA PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACION ELECTRICA	73
17.1 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS ACCESORIOS DEL TRANSFORMADOR	73
17.2 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SECCIONADOR	74
17.3 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TABLEROS ELECTRICOS	75
17.4 JUSTIFICACIONES DE LOS CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES	76
18. DELIMITACION	78
18.1 DELIMITACION ESPACIAL	78
18.2 DELIMITACION CRONOLOGICA	78
18.3 ALCANCES	79
19. DISEÑO METODOLOGICO	80
19.1 DESARROLLO DEL TRABAJO	80
19.1.1 Equipo seccionador	80



19.1.2 Equipo transformador	80
19.1.3 Equipo tablero de distribución (tableros eléctricos)	80
20. NORMATIVIDAD PARA EL MANTENIMIENTO A LOS EQUIPO DE UNA SUBESTACION DE DISTRIBUCION	81
20.1 NORMAS DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PARA TRANSFORMADORES CONVENCIONALES	81
20.2 NORMAS DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PARA SECCIONADORES TRIPOLARES	84
20.2.1 Normas de ensayos o mantenimiento a los seccionadores	84
20.2.1.1 Ensayos de tipo	84
20.2.1.2 Ensayos de rutina	85
20.3 NORMAS DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PARA TABLEROS DE DISTRIBUCION	85
20.3.1 Verificación de los límites de aumento de temperatura	86
20.3.2 Verificación de las propiedades dieléctricas	86
20.3.3 Verificación de la resistencia de corto circuito	87
20.3.4 Ensayo de cámara salina	87
20.3.5 Medición del espesor de pintura	87
21. ANÁLISIS ECONÓMICO	89
22. RECOMENDACIONES	91
23. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFIA	94
24. ANEXOS	97
24.1 FOTOGRAFIAS DEL LEVANTAMIENTO A LA SUBESTACION ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC.	97



INDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 6.1 Curva del ciclo del mantenimiento	23
Figura 10.1 Distancia de seguridad en una subestación eléctrica.	40
Figura 12.1 Señalización.	47
Figura 13.1 Transformador de la subestación eléctrica	49
Figura 15.1 Seccionador de subestación eléctrica.	57
Figura 16.1 Tablero de distribución de subestación eléctrica.	61
Figura 18.1 Subestación universidad de la costa, CUC.	76



INDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 10.1 Distancia mínimas de trabajos en tensión	40
Tabla 10.2 Distancias de seguridad para personas no calificadas	40
Tabla 17.1 Actividades de mantenimiento preventivo	72
Tabla 17.2 Periodo de mantenimiento preventivo para transformador	73
Tabla 17.3 Periodo de mantenimiento preventivo para el seccionador	74
Tabla 17.4 Periodo de mantenimiento preventivo para el tablero eléctrico	75
Tabla 20.1 Limites de temperatura en tableros eléctricos	84
Tabla 20.2 Aviso de advertencia	86
Tabla 21.1 Presupuesto Mano De Obra	87
Tabla 21.2 Presupuesto Equipo	87
Tabla 21.3 Presupuesto Materiales	87
Tabla 21.4 Presupuesto Otros	88
Tabla 21.5 Total Presupuesto	88



RESUMEN

Este documento contiene en detalle, la metodología necesaria para la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo en la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, haciendo énfasis en la descripción de las diferentes partes que componen una subestación, pruebas, mediciones y ensayos establecidos por normas eléctricas, para la protección del sistema y mejorar la vida útil de los equipos.

Esta tesis, emplea el mantenimiento preventivo como herramienta primordial para buscar una mejor eficiencia en el sistema eléctrico de la universidad de la costa, CUC y así disminuyendo el tiempo que se pierde al realizar reparaciones no previstas, produciendo el menor costo posible y teniendo como referencia las normas de seguridad en todo momento.

Así mismo, muestra la gran importancia de las disposiciones técnicas y de seguridad que exige el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), en cuanto a subestaciones eléctricas tipo interior incluyendo las sugerencias y mejoras para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico en general.

Palabras claves: mantenimiento preventivo, sistema eléctrico y normas de seguridad.



ABSTRACT

This document provides in detail the necessary methodology to the development of a preventive maintenance program in an electrical substation at the university of CUC coast, with emphasis on the description of the different parts of a substation, measurements and test established by electrical standards code for the protection of the systems to improve the equipment's life.

This thesis uses the importance of preventive maintenance as a primary tool to seek a better efficiency in the electrical system of the University of the Coast, CUC and thus decreasing the time lost to unscheduled repairs, reducing the cost of repairmen following the rules of safety standards at all times.

It also shows the great importance of the technical and safety regulations that require the electrical code (RETIE), in terms of indoor type substation including suggestions and improvements for the proper functioning of electrical system in general.

Keywords: preventive maintenance, electric system, safety standard.



GLOSARIO

En este proyecto se emplean definiciones tomadas del Artículo N° 3 reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) de los elementos constituyentes en una subestación.

Se tuvo en cuenta definiciones técnicas relevantes para realizar el glosario.

BREAKER: Es un accionamiento eléctrico diseñado para proteger un circuito eléctrico de los daños causados por sobrecarga o cortocircuito. [1]

BROCALES: Para transformadores aislados en aceite deben poseer medios para confinar el aceite y no permitir su salida a otras áreas, por lo que se construyen fosos para el aceite y brocal a la entrada del local para darle altura al tablero o evitar entrada de agua en caso de una inundación.[1]

DISTANCIA DE SEGURIDAD: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos. [1]

MANTENIMIENTO: Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad. [2]

SECCIONADOR: Dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico y está diseñado para que manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios. [22]

SEÑALIZACIÓN: Conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias d seguridad en una instalación. [3]



SISTEMA DE PUESTA A TIERRA: Conjunto de elementos Conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente. [1]

SUBESTACION: Conjunto único de instalaciones, equipo eléctricos y obras complementarias, destinados a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia. [1]



INTRODUCCION

El mantenimiento para un sistema eléctrico es una organización que constituye un grupo de soporte para la continuidad y logro de los objetivos, dado que los equipos, instalaciones y herramientas sufren deterioro con el paso del tiempo. Aquí se plasman procedimientos y conductas esperadas que constituyen un marco de referencia a fin de gestionar eficientemente un plan de mantenimiento.

Esta tesis tiene como objetivo implementar acciones preventivas, a la vez que es material de consulta para la toma de decisiones relacionadas con equipos, y herramientas.

Este plan de mantenimiento preventivo busca que los equipos cumplan con la función para la cual fueron proyectados, con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones mínimas de seguridad y a un programa de uso definidos por el fabricante.

La carencia de mantenimiento preventivo ocasionará un alto porcentaje de fallas en el sistema, baja disponibilidad de los equipos y baja capacidad de utilización lo que redundará en una elevación del consumo específico de energía.

Por lo especificado anteriormente, es importante poner en práctica políticas de mantenimiento preventivo en la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, donde se debería incluir entrenamiento del personal, almacén de repuestos, procedimientos y prácticas de mantenimiento adecuado.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la subestación eléctrica de la universidad de la costa, CUC no cuenta con un plan de mantenimiento definido y estructurado, los procedimientos de mantenimiento aplicados se ejecutan de manera empírica y en base a recomendaciones de fabricantes y consultores. La inspección visual es una de las actividades preventivas más frecuentes y no se cuenta con un registro confiable de dichas observaciones que pueda predecir o al menos controlar el estado general de los equipos constituidos en la subestación eléctrica de la universidad de la costa, CUC.

Esta tesis parte de la importancia de desarrollar un plan de Mantenimiento preventivo para un equipo crítico dentro del un suministro eléctrico, como lo es la subestación eléctrica. El punto de partida de este plan de mantenimiento preventivo viene dado por la gran dificultad que puede generarse más adelante en dicha subestación al no ejecutarse un buen plan de mantenimiento preventivo.

En la subestación eléctrica de la universidad se vienen realizando mantenimientos, los cuales no son los mejores, estos tipos de mantenimientos son realizados por personal con experiencia y no se basan en las normas existentes para ejecutar un buen mantenimiento y esto hace que los niveles de protección contra accidentes sean muy bajos llevando a que suceda un accidente inesperado.

Para este plan de mantenimiento desde el primer momento se aplicaran métodos técnicos estipulados por documentación basada en normativas eléctricas enfocadas a los equipos que conforman la subestación.



Al buscar una solución aplicable al Mantenimiento preventivo de la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, se puede encontrar que orientar el mantenimiento hacia la disponibilidad de equipos es la más ajustable a los requerimientos y características de estos componentes del Sistema de Potencia. Esta orientación debe estar basada, en los argumentos más utilizables de la filosofía del mantenimiento preventivo.

Confiabilidad, seguridad y flexibilidad es una filosofía de mantenimiento que exige Calidad Total en el trabajo, lo cual no es difícil de obtener, pero en consecuencia exige que en los sistemas en los que se aplica esta filosofía, llegar al nivel de “cero fallas”; sabiendo que en sistemas de potencia la mayor parte de las fallas se deben a factores externos, muchas veces que escapan al control (condiciones climáticas, por ejemplo), no será posible llegar al nivel de “cero fallas”, sin elevar considerablemente los costos de operación, y por ende el precio de la unidad de energía eléctrica.

El mantenimiento preventivo juega un papel importante, dejando de este modo, la posibilidad de fallas debidas principalmente a factores externos, para el buen desempeño de este mantenimiento, el personal deberá comportarse con seguridad, orden y disciplina.

Del problema escrito anteriormente se encamina a realizar el siguiente interrogante:

¿Tiene la universidad de la costa un plan de mantenimiento preventivo enfocado al mantenimiento predictivo?



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Desarrollar un plan de Mantenimiento preventivo en la subestación eléctrica de la Universidad de la Costa CUC.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar las condiciones generales del área de la subestación eléctrica de la universidad de la costa.
- Determinar y caracterizar los equipos críticos de la subestación eléctrica de la universidad de la costa.
- Proponer con normas vigentes el mantenimiento preventivo a los equipos en la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC.



3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El desarrollo del plan de mantenimiento preventivo que se emplea en esta tesis, tiene como propósito fundamental garantizar la estabilidad de operación de los equipos constituidos en la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, con el fin de disminuir las fallas que puedan resultar al no aplicar un mantenimiento adecuado.

Por lo tanto es necesario emplear métodos que con lleven a lograr este propósito, como la ejecución de actividades programadas en el tiempo, empleando guías de seguridad y realizando procedimientos específicos de trabajos para cada uno de los equipos que conforman la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC.

Al implementar estas actividades de mantenimiento preventivo en la subestación eléctrica, se mejora la calidad del servicio eléctrico en todas las instalaciones de la universidad y así aumentando el desempeño y la vida útil de los equipos conformados en dicha subestación.



4. ANTECEDENTES

Los antecedentes establecidos para esta tesis, surgen de una necesidad al no tener un plan de mantenimiento preventivo enfocado al predictivo establecido al principio de la construcción de la subestación eléctrica, anteriormente la universidad de la costa CUC, tenía instalado un transformador de 500 KVA, este fue reemplazado por uno de 800 KVA hace aproximadamente 7 años, por motivo de un incremento en las instalaciones de la universidad y no tuvieron en cuenta las normas existente de seguridad y espacio de trabajo del equipo y los cambios que esta subestación sufriría al instalar una mayor carga.

Se consultó en el departamento de mantenimiento, que tipos de trabajos son realizados a los equipos de la subestación, lo cual se dio a conocer por medio del director de mantenimiento que hasta el momento no se han efectuado trabajos preventivos a ningún equipo solo se han hecho cambios de algunos materiales como (cambio de crucetas y cambios de descargadores de sobretensión). Por lo tanto desarrollar este plan de mantenimiento al sistema de potencia de la universidad de la costa CUC es necesario, para que en su efecto mejore las condiciones de operación de los equipos, manteniéndolos en su capacidad nominal de trabajo.



5. ESTADO DEL ARTE

Al verificar que no existe un plan de mantenimiento preventivo enfocado al predictivo para la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, se emplean un conjunto de actividades y procedimientos encaminados a mejorar las condiciones generales del sistema eléctrico incluyendo los equipos constituidos en esta subestación.

Durante la visita y un levantamiento fotográfico que se realizó en la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, se observó que se están incumpliendo algunas normas exigidas por el RETIE, (distancias de seguridad y señalización).

Dado que la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, no se encuentra en sus mejores condiciones de trabajos, se aplicaran normas y estándares que están establecidas por:

- IEC 60129 (normas de ensayos o mantenimiento a los seccionadores).
- ANSI/IEEE (normas de mantenimientos para transformadores).
- NTC/ASTM (normas de mantenimiento a tableros eléctricos y transformadores).



6. MARCO TEORICO

6.1 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELECTRICAS.

6.1.1 La misión del mantenimiento.

La misión del mantenimiento en un sistema, equipo o elemento es no dejar disminuir su confiabilidad operativa, realizando los trabajos necesarios para mantenerlos en condiciones normales.

Para una adecuada calidad del servicio de mantenimiento, el personal debe ser calificado para realizar dichos trabajos, lo que realmente se está consiguiendo es regresar los recursos a su confiabilidad operativa óptima, permitiendo que el servicio continúe dentro de los parámetros establecidos.

6.1.2 El ciclo del mantenimiento.

El ciclo de mantenimiento, para cada equipo se determina por sus condiciones de operación, su constitución, calidad de mantenimiento, instrucciones de los fabricantes y normas de explotación.

Dentro del ciclo de mantenimiento cuando la frecuencia de fallas (F) es elevada, cada vez menor es la obtención de un servicio de calidad de los equipos. [2]

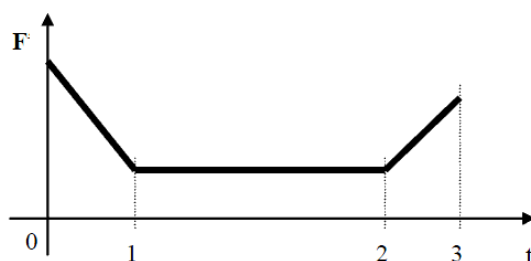


Figura 6.1 Curva del ciclo de mantenimiento [2]



Donde:

- **F** = Frecuencias de fallas en el equipo.
- **t** = tiempo de explotación del equipo.
- **0 – 1 Periodo Inicial.-** En este periodo se presenta una frecuencia de fallas muy elevada en el equipo y decreciente con el tiempo. Esto se debe a la influencia o a daños producidos en el transporte, montaje, calibración, control y pruebas de operación en los equipos (Fig.6.1.).
- **1 – 2 Periodo Útil.-** La frecuencia de fallas en el equipo tiende a estabilizarse y ser constante en un determinado valor, durante este periodo de operación las fallas son de carácter aleatorio e impredecible.
- En el periodo de vida útil, entre los puntos 1 – 2 (ver Fig. 1.1.), se efectúa el servicio técnico de mantenimiento preventivo en los equipos.
- **2 – 3 Periodo Final.-** En este periodo la frecuencia de fallas en el equipo va en aumento. La frecuencia de fallas ocurre por el cansancio de los materiales, deterioros debido a los esfuerzos a los que estuvo sometido y a trabajos de mantenimiento preventivo inadecuado por lo que disminuye la confiabilidad del equipo. Por lo que para mejorar su confiabilidad operativa es indispensable realizar trabajos de mantenimiento correctivo (Fig. 6.1.). [2]

6.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO.

“Mantenimiento es el conjunto de actividades y acciones encaminadas a mantener o recuperar la confiabilidad de los equipos, garantizando la máxima disponibilidad de los mismos y conservándolos en óptimas condiciones de operación” [2]

El mantenimiento se refiere a todos los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad. Es importante notar que, basados en un servicio de calidad, debemos escoger los equipos que nos aseguren obtener este servicio; el equipo queda en segundo término, pues si no proporciona lo que pretendemos, debemos cambiarlo por el adecuado. Por



ello, hay que recordar que el equipo es un medio y el servicio es el fin que deseamos conseguir. **[2]**

Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, etc. para que éstos continúen o regresen a proporcionar un servicio de calidad, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin.

6.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Hoy en día existen diversidades de mantenimientos, todo estos tipos de mantenimientos con llevan a mejorar las condiciones de operación y continuidad no solo del sistema eléctrico si no también mecánicos, para lo cual se mencionaran a continuación algunos mantenimientos que se están realizando en la parte de subestaciones eléctricas.

6.3.1 Mantenimiento correctivo.

Este se divide en dos fases:

- Mantenimiento Correctivo Emergente.
- Mantenimiento Correctivo Programable.

6.3.2 ¿QUE ES MANTENIMIENTO CORRECTIVO?

“Es la actividad humana teniendo en cuenta conocimientos técnicos, desarrollada en los recursos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad del servicio esperada”

Al ejecutar trabajos de mantenimiento correctivo se corrige las fallas por defectos en materiales, fatiga de materiales, condiciones severas de trabajo, operaciones inseguras o inadecuadas y trabajos de mantenimiento preventivo mal ejecutados. **[2]**



6.3.3 Mantenimiento correctivo emergente.

El mantenimiento correctivo emergente se refiere a las actividades que se realiza de forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, teniendo que actuar de forma emergente y en el mejor de los casos, bajo una planificación emergente en sitio.

Las labores que en este caso deban realizarse, tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicio; así, el personal de mantenimiento debe efectuar trabajos correctivos, para volver a poner en funcionamiento al equipo con una adecuada confiabilidad operativa. [2]

6.3.4 Mantenimiento correctivo programable.

El mantenimiento correctivo programable se refiere a las actividades que se deben efectuar en equipos, los cuales tengan alguna falla o defecto pero que no interfieran con su confiabilidad y proporcionar un servicio normal. Estos trabajos aunque necesarios, no son indispensables para dar un buen servicio, por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas; de esta forma, pueda compaginarse dichos trabajos con los programas de mantenimiento preventivo. [2]

6.4 ¿QUE ES MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

El mantenimiento preventivo se puede definir como “la actividad humana, teniendo presente conocimientos técnicos y con el apoyo de equipos, materiales e insumos, desarrollada en los recursos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionen, continúe dentro de los límites establecidos”. [2]

Con esta definición se concluye que toda labor de conservación que se realice con los recursos de una instalación, universidad, empresa, et; sin que dejen de ofrecer la calidad de servicio esperada, debe catalogarse como de mantenimiento preventivo.



Este tipo de mantenimiento siempre es programable y existen en el mundo muchos procedimientos para llevarlo a cabo. [2]

6.4.1 EL PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Se define como un sistema permanente de diagnostico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de la calidad de servicio que esté entregando un equipo. Esto nos da la oportunidad de planificar y programar trabajos de mantenimiento preventivo para mantener una calidad de servicio esperada.

En el mantenimiento preventivo, los trabajos por efectuar proceden de un diagnostico permanente derivado de inspecciones continuas utilizando transductores (captadores y sensores), que tienen la propiedad de cambiar cualquier tipo de energía (lumínica, sonora, radiante, vibratoria o calorífica), en señales de energía eléctrica, las cuales son enviadas a una unidad electrónica procesadora o a circuitos de control que analizan e informan del buen o mal estado de funcionamiento del equipo en cuestión. [2]

Este tipo de mantenimiento, requiere para su aplicación, de un estudio profundo del recurso que se va a mantener, conocer sus partes vitales, su tiempo de vida útil, calidad de servicio que se espera de cada una de ellos, así como de su conjunto, con objeto de conocer la posición y el funcionamiento de estos.

6.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo debe ser planeado, lo que significa determinar mano de obra, procedimiento a realizar y materiales necesarios. Sin embargo, se puede hablar de ahorros en las operaciones de mantenimiento preventivo, debido a que:

- Disminuye el riesgo de fallas del equipo e instalaciones.
- Disminuye el tiempo extra del personal de mantenimiento.



- Permitir una mejor utilización de la mano de obra, designando el personal apropiado para la ejecución de determinados trabajos de mantenimiento, eliminando la improvisación.
- Dar una mejor utilización de los materiales.
- Mantener el equipo eléctrico en operación a su máxima capacidad.

Algunos elementos claves de un programa de mantenimiento preventivo del equipo son:

- 1) Establecer una biblioteca de servicio del equipo, consistente en boletines, manuales, esquemas, listas de partes y reportes.
- 2) Cada falla debe ser completamente investigada y su causa determinada y documentada. [4]

6.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Este procedimiento de mantenimiento preventivo, consiste en el monitoreo continuo de equipos, aparatos y elementos con el propósito de detectar y evaluar cualquier pequeña variación en su funcionamiento o desvío en su comportamiento, antes de que se produzca una falla o pérdida en la calidad de servicio.

Los trabajos de mantenimiento predictivo constan de inspecciones a intervalos regulares de tiempo y toman acciones para predecir las fallas o evitar las mismas según su condición. Se incluyen las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), así como la reparación por defecto (falla potencial).

Los procedimientos para una acción de mantenimiento predictiva deben incluir:

- Determinar los equipos de prueba que se requieran para la implementación de trabajos de mantenimiento predictivo.
- Determinación de los pasos necesarios para tratar cualquier problema que requiera acción predictiva en el marco del Programa de Mantenimiento.



- Determinar los costos y la justificación para la implementación de trabajos de mantenimiento predictivo en términos financieros. [2]

6.6 FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO.

En décadas anteriores el mantenimiento no obtuvo el enfoque debido, el servicio que presta fue minimizado; hoy en la actualidad el mantenimiento se basa en la calidad de un servicio esperado.

El mantenimiento se lo debe realizar con los costos estrictamente necesarios y con los recursos humanos suficientes para realizar esta actividad.

Frecuentemente la filosofía del mantenimiento implica la forma de realizar el mantenimiento, considerando los tipos de mantenimiento, los conocimientos técnicos del grupo de mantenimiento y las características técnicas de los equipos a los cuales se va a realizar el trabajo, esto lleva a la creación de una tecnología del saber maniobrar el equipo.

7. METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO.

7.1 Inspección

La inspección es realizada por el personal encargado de la operación de los equipos; indicando posibles eventualidades en los circuitos de control, protección y por condiciones visibles en el exterior de los equipos.

Las inspecciones visuales se llevan a cabo cuando el equipo está operando. Tienen el propósito de describir determinadas condiciones en los equipos como: lubricación defectuosa, operación inadecuada, ruidos anormales, fallas, vibración, fugas de aceite, temperatura excesiva y la disminución en los niveles de aceite para el caso de los transformadores.



7.2 Planificación

La planificación se trata de analizar cuál es la mejor forma de realizar todo un programa de mantenimiento, y en qué tiempo se lo debe realizar o con qué frecuencia.

Hay que tener en cuenta las tareas de mantenimiento que se deben ejecutar en un equipo y poderlas unir con otras, para así poder realizar todo un conjunto de tareas de mantenimiento dirigido a la verificación de la calidad de servicio en determinado equipo, sin desperdiciar tiempo ni recursos humanos.

Generalmente depende de la filosofía de la empresa la planificación y la determinación de tiempo para poderla cumplir, a demás de la vida útil del equipo. [5]

7.3 Programación

Los trabajos de mantenimiento improvisados ocasionan paradas innecesarias que a menudo llevan a la realización de un mantenimiento correctivo, esta forma de mantenimiento es muy costosa, debido a que no es posible decidir que trabajo va a ser ejecutado.

Por ello se justifica la importancia del mantenimiento programable, ya que se efectúa con el fin de evitar fallas que generen trabajos correctivos y se programa dependiendo de las rutinas de mantenimiento de cada equipo en base a diseño, condiciones del trabajo, recomendaciones de fabricantes, inspecciones realizadas que permiten evitar improvisaciones o daños innecesarios.

No es únicamente los trabajos de mantenimiento preventivo que deben ser programados sino también las tareas atrasadas o reparaciones que consten como mantenimiento correctivo programable.

La programación general mostrará la naturaleza y magnitud de cada tarea de mantenimiento para un tiempo determinado. Esta programación general será flexible, no fija, pues es básicamente una proyección en el futuro y sujeta a cambios.



Es conveniente establecer la programación general sobre una base móvil (de 90 días o 12 meses) dependiendo del grado de cambio probable en toda la tarea de mantenimiento.

Como las Órdenes de Trabajo de Mantenimiento se emiten para autorizar trabajos específicos, se hace necesaria una programación detallada en unidades de tiempo.

La programación se realiza de forma técnica, aquí también se elaboran las Órdenes de Trabajo (O.T.) y Procedimientos de las Órdenes de Trabajo (P.O.T.), para un periodo de tiempo determinado.

7.4 Ejecución

La ejecución del mantenimiento se realiza por parte del grupo de mantenimiento, en forma planificada y siguiendo un conjunto de pasos.

Para la ejecución de un trabajo primeramente se lo debe haber planeado y luego constar en el programa anual de mantenimiento correspondiente al año vigente.

Se debe realizar la Orden de Trabajo por parte la autoridad pertinente y reconocer un Jefe de Trabajo y el grupo que lo acompañara a la realización del trabajo.

El grupo debe seguir los pasos descritos en los Procedimientos de la Orden de Trabajo para la realización de la actividad, en la cual se han descrito los materiales, herramientas, equipos necesarios y tiempo estimado para cumplir el trabajo.

Todas las observaciones y novedades que sucedieron para la ejecución del trabajo, deben constar en el Reporte de Trabajo, que se lo debe realizar al culminar toda la actividad de mantenimiento y en condiciones normales de funcionamiento de equipo. Estas actividades de trabajo deben ser realizadas por un grupo de mantenimiento. **[5]**



7.5 Retroalimentación

La retroalimentación es una parte fundamental dentro del mantenimiento y se encarga de la revisión de novedades y observaciones dentro de la realización de las actividades de mantenimiento con los Reportes de Trabajo.

Además de la información del trabajo requerida para la planificación y programación, es igualmente importante tener una retroalimentación sobre acciones reales en términos de novedades y del tiempo real consumido por el grupo de mantenimiento para la realización de determinado trabajo.

Con ello se logra corregir dentro de los procedimientos:

- Falta de herramientas y equipos al momento de realizar la actividad de mantenimiento.
- Si para determinadas actividades es adecuado el personal seleccionado.
- Si el grupo requiere de otros materiales e insumos para realizar el trabajo.
- Tener una adecuada secuencia de tareas dentro de los Procedimientos de la Orden de Trabajo.
- Y todas las anomalías que se puedan corregir para los siguientes programas de mantenimiento.

Conocidas las novedades se puede corregir, y así cambiar procedimientos de trabajo en determinados equipos, mejorar planificaciones y programaciones para periodos futuros. **[5]**

7.6 Servicio técnico

Se lo lleva a cabo para conservar la confiabilidad operativa del equipo durante el tiempo de explotación del mismo.



Prever el cuidado de equipos, inspecciones, vigilancia sistemática de su estado, control del régimen de trabajo, observación de las normas de explotación e instrucciones del fabricante.

El servicio técnico debe ser realizado por el grupo de mantenimiento y esto debe ser planificado y programado dentro de un determinado tiempo y previsto con los documentos necesarios. **[5]**

8 GRUPO DE MANTENIMIENTO Y SUS RESPONSABILIDADES

El grupo de mantenimiento aumenta su responsabilidad de acuerdo con la complejidad o la modernidad de los equipos, máquinas o elementos que se encuentren a su control. El grupo de mantenimiento debe programar sus actividades para no interferir con la producción y no permitir el paro de máquinas o elementos importantes dentro de una instalación.

Dentro de las funciones del grupo de mantenimiento están las siguientes:

- Planificación y programación del mantenimiento.
- Ejecución de trabajos de mantenimiento en los equipos de una instalación.
- Participación en la puesta en servicio de nuevos equipos o máquinas.
- Almacenamiento de productos, repuestos, materiales, herramientas adecuadas y equipos necesario para la realización trabajos.
- Conocimiento integral de los equipos a ser mantenidos. **[6]**

El personal de mantenimiento encabezado por el Jefe de Trabajo para la ejecución de los trabajos debe verificar el cumplimiento de los siguientes puntos:

- Solicitar la confirmación de la consignación del equipo al que se va a realizar el mantenimiento.



- Realizar las actividades de mantenimiento, dentro del procedimiento de trabajo para cada equipo.
- Finalizar trabajos de mantenimiento dentro de los plazos de tiempo establecidos.
- Utilizar adecuadamente herramientas, equipos, materiales e insumos.
- Reportar novedades dentro de la ejecución del mantenimiento.
- Registrar y reportar acerca de la ejecución del trabajo.
- Realizar informes de terminación del trabajo y estado del equipo en el que se intervino.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial.
- Actualizar la hoja de vida de los equipos. **[6]**

8.1 CARACTERÍSTICAS DEL GRUPO DE MANTENIMIENTO

Todo el grupo debe conocer las planificaciones y programas que se realizarán en las fechas presentes, aproximadamente por un año. Deben conocer de manera clara los procedimientos de mantenimiento requeridos para determinados equipos y cumplir con cabalidad sus responsabilidades, debe también tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Debe tener conocimiento acerca de la especialidad y de la operación de los equipos.
- Debe aplicar la seguridad dentro de los trabajos de mantenimiento.
- Comprender la necesidad de un buen mantenimiento.
- Debe cumplir con la programación y los procedimientos de mantenimiento.
- Estar seguro de sus actos y decisiones en el momento de realizar el mantenimiento.
- Solicitar asistencia técnica en el caso del desconocimiento de ciertas actividades. **[5]**



8.5 ¿POR QUE HACER UN BUEN MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

La realización de un buen mantenimiento con lleva a los siguientes ítems a continuación:

Prevenir O Disminuir El Riesgo De Fallas:

Se busca bajar la frecuencia de fallas y/o disminuir sus consecuencias. Esta es una de las visiones más básicas del mantenimiento y en ocasiones es el único motor que mueve las estrategias de mantenimiento de algunas empresas.

Aumentar Vida Útil:

La vida útil de algunos activos se ve afectada seriamente por la frecuencia del mantenimiento. Por otra parte se pueden diferir grandes inversiones, como por ejemplo la reconstrucción de equipos mayores. Es de suma importancia encontrar el punto exacto de máximo beneficio económico.

Seguridad, Ambiente y Aspectos Legales:

Muchas tareas de mantenimiento van dirigidas a disminuir eventos que puedan acarrear responsabilidades legales relativas al medio ambiente y seguridad.

Imagen Pública:

Para algunas empresas la imagen pública, la moral de los trabajadores y el entorno donde se desarrollan las actividades son factores importantes a considerar en las políticas de mantenimientos de sus instalaciones. [5]



9. NUEVAS TENDENCIAS EN EL MANTENIMIENTO.

Desde hace muchos años se ha venido trabajando con mantenimientos básicos que ayudaban a mejorar las condiciones de operación de los equipos en un sistema cual quiera siendo este eléctrico, mecánico, etc.

Desde este momento se han desarrollado nuevas técnicas de manejo, control, operación y mantenimiento, que ayudan al buen funcionamiento de aparatos que constituyen un sistema, de lo cual se hablara de las nuevas tendencias de mantenimiento que se están implementando en la actualidad.

9.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Este tipo de mantenimiento fue desarrollado a fines de los sesenta por la industria aeronáutica, la cual se vio en necesidad de redefinir el mantenimiento, que mayormente era “desarrollado” por los fabricantes de repuesto. Esta forma de mantenimiento imposibilitaba una eficaz operación del Boeing 747, obligándolo a estar mucho tiempo en tierra para mantenimiento preventivo. [4]

9.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

En 1971 el Instituto Japonés de Ingenieros de Planta (JIPM) definió el **TPM** como un sistema de mantenimiento que cubre toda la vida de los equipos de cada división incluyendo planificación, manufactura y mantenimiento. Teniendo como objetivo el incremento de productividad de los equipos.

El **TPM** es un programa para mejora continua que involucra todos los recursos humanos.

En 1989 las metas del **TPM** fueron redefinidos como:

- Crear una misión corporativa para maximizar la eficiencia global.
- Usar enfoque central en áreas de productividad.
- Involucrar cada departamento en la implantación de **TPM**.
- Involucrar a todas desde los gerentes hasta los obreros.
- Usar las actividades de los pequeños grupos para alcanzar los objetivos.



9.3 Análisis Causa-Raíz (RCA).

Es un método, para determinar las causas elementales que producen, como resultado de su ocurrencia, fallas o hechos no deseados en equipos e instalaciones industriales.

La aplicación de la metodología de análisis de causa raíz (RCA) obedece a la necesidad de identificar las reales causas que producen deficiencias en la operación de instalaciones industriales.

La razón para adoptar una técnica que investigue y documente debidamente las causas de las fallas o hechos no deseados, es habilitar la correcta definición de las acciones proactivas que prevengan la recurrencia de esos hechos y con ello proteger la seguridad de los trabajadores, el público, el medioambiente y la continuidad operacional de las instalaciones.

Entre las ventajas que tiene esta técnica es que nos presenta una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema, teniendo un valor educativo, ya que sirve para que la gente conozca en profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los *Efectos* y sus *Causas*. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad, y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual. [4]

9.4 Optimización De Estrategia De Mantenimiento.

Son programas computacionales que avalúan los costos operacionales del mantenimiento, para establecer estrategias de programación de inspección y paradas óptimas de planta. Requiere de mucho esfuerzo, disciplina y personal para obtener los resultados esperados.



9.5 Inspección basada en riesgo.

Un programa de inspección está basado en riesgo es cuando se emplea una metodología capaz de sustentar la toma de decisiones aún cuando los datos con que se cuenta sean inciertos o incompletos. Se focaliza en el efecto sobre la probabilidad de falla, más que sobre sus consecuencias

Nace con la intención de decidir cómo invertir mejor los recursos destinados a la inspección de equipos estáticos, lo cual significa una gran cantidad de dinero y a su vez un gran riesgo si no se hace. Sus primeras aproximaciones han sido exitosas. Logrando disminuir en grandes medidas los costos de inspección e introducir los conceptos del riesgo industrial a lo largo de la organización.

9.6 Control estadístico.

Es una herramienta que permite minimizar los desperdicios y maximizar la productividad en cualquier actividad. Mediante su aplicación es posible detectar desviaciones del proceso y poder de esta forma ejercer las acciones necesarias para su corrección.

En el mismo se establecen los límites de control esperados de manera estadística, empleando la desviación estándar. **[4]**

10. GUIA DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS ELECTRICOS EN SUBESTACIONES.

10.1 Condiciones generales de seguridad

- Todo trabajo eléctrico deberá estar soportado por un permiso de trabajo que deberá ser solicitado al inicio y cerrado al finalizar las labores correspondientes.
- Todo trabajo en una instalación eléctrica sólo podrá ser realizada por personal calificado y autorizado.



- Los trabajadores no podrán realizar trabajos eléctricos con ningún objeto metálico tal como joyas, pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Utilizar los elementos de protección personal adecuados como son: Casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad contra rayos ultravioleta, careta de protección facial, pinza voltiamperimétrica, tapones auditivos, conexiones a tierra portátiles.
- Vestir ropa de trabajo sin elementos conductores y de materiales resistentes al fuego de acuerdo con las especificaciones técnicas emitidas por Salud Ocupacional.
- Antes de iniciar los trabajos se comprobará el buen estado de las herramientas y se utilizarán herramientas dieléctricas.
- Planificar el procedimiento de trabajo, de forma que durante todo el trabajo se mantengan las distancias mínimas en las condiciones más desfavorables.
- Toda persona que pueda tocar a un trabajador, bien directamente o por medio de una herramienta u otros objetos, deberá llevar botas y guantes aislantes.
- En caso de tormentas eléctricas, los trabajos serán interrumpidos o no iniciados, retirando al personal del área hasta que las condiciones atmosféricas vuelvan a ser favorables.
- Señalizar la zona de trabajo.
- No utilizar equipo eléctrico que esté mojado, ni trabajar con las manos húmedas.
- Todos los trabajos eléctricos deberán ser ejecutados mínimo por dos trabajadores. **[3]**



Para trabajos en tensión, se deben acatar las distancias mínimas de acercamiento mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 10.1 (Distancia mínimas de trabajos en tensión) [3]

Tensión nominal KV entre fases	Distancia mínima (m)
Hasta 1	0.80
7,6/11,4/13,2/13,9	0.95

Personal no calificado o que desconozca los riesgos en instalaciones eléctricas, no podrá acercarse a elementos energizados a distancias menores de:

Tabla 10.2 (Distancias de seguridad para personas no calificadas) [3]

Tensión en la instalación	Distancia en metros (m)
Instalaciones aisladas menores a 1000 V	0.4
Entre 1000 y 57500 V	3
Entre 57500 V y 11000 V	4

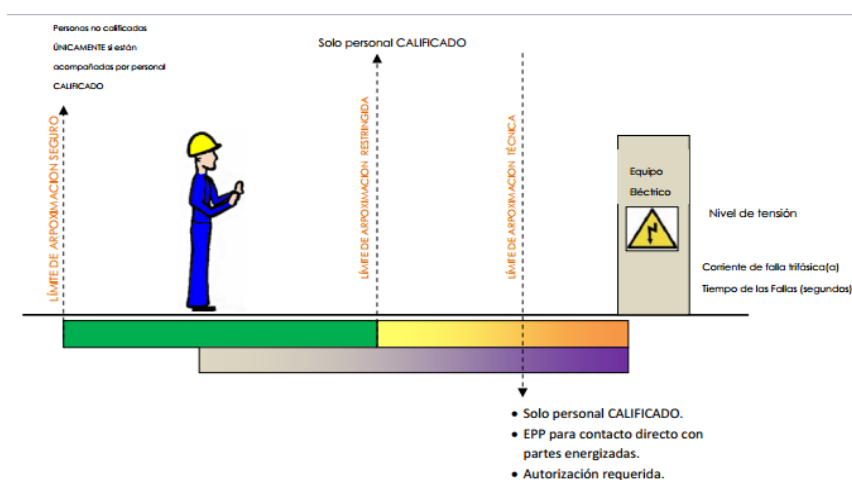


Figura 10.1 (Distancia de seguridad en una subestación eléctrica) [3]



Los trabajadores deben asegurarse de contar con los equipos y materiales de trabajo necesarios de acuerdo a las características del trabajo, tensión de servicio y método de trabajo a emplear. **[3]**

- El casco de seguridad debe ser de uso obligatorio para las personas que realicen trabajos en instalaciones de cualquier tipo. Este nunca deberá ser perforado con el fin de adaptar elementos de seguridad no previstos en el diseño original.
- El casco debe ser cambiado cuando reciba algún impacto o cuando se encuentre dañado o cuando tenga tres años de uso.
- Los antecos de protección o la careta de protección facial son de uso obligatorio para toda persona expuesta a riesgo ocular o riesgo facial por arco eléctrico, proyección de gases y partículas, polvos y otros.
- Los guantes dieléctricos son de uso obligatorio para el trabajador que interviene circuitos energizados o circuitos sin tensión que se consideren como si estuvieran con tensión.
- La tela y el hilo de la ropa de trabajo debe ser 100% de algodón sin contener elementos sintéticos en su fabricación. Para los trabajos con exposición al riesgo eléctrico es obligatorio el uso de camisa de manga larga.
- Es responsabilidad de los trabajadores mantener las condiciones de aseo y funcionamiento adecuadas del sitio de trabajo al comienzo, durante y al final de las actividades de mantenimiento y de la señalización de las zonas.
- Es responsabilidad del trabajador repetir la orden recibida y sola después de que haya sido confirmada proceder a su ejecución.
- Todo trabajador debe dar aviso al responsable del trabajo en caso que detecte la existencia de condiciones inseguras en su entorno de trabajo, incluyendo materiales o herramientas que se encuentren en mal estado
- En caso que cualquier trabajador se encuentre bajo tratamiento médico, debe dar aviso al supervisor o jefe encargado, quien deberá consultar



con el médico para que determine si se encuentra en condiciones para ejecutar el trabajo.

- En caso de que existan dudas o anomalías durante la ejecución del trabajo, este debe suspenderse hasta que la duda o anomalía haya sido resuelta adecuadamente.
- Durante emergencias o interrupciones de servicio los trabajadores deben utilizar los elementos de protección personal.
- Los trabajadores deben contar con equipos de comunicación de acuerdo al Procedimiento Comunicación para maniobras y trabajos eléctricos.
- Está prohibido realizar trabajos con tensión en lugares en donde exista riesgo de explosión por presencia de materiales inflamables o volátiles.
- La decisión de realizar un trabajo con tensión en circuitos de baja tensión se debe realizar en el momento de la planeación del mismo o en su defecto debe corresponder al responsable del trabajo. Este debe conocer las medidas de seguridad para realizar el trabajo con tensión.

[3]

11. REGLAS DE SEGURIDAD PARA EJECUTAR TRABAJOS EN TENSIÓN

Primera regla: Corte efectivo de todas las fuentes de tensión.

Esta regla implica abrir, con corte visible (que se pueda comprobar por inspección visual la apertura del circuito eléctrico), todas las fuentes de tensión a través de interruptores, fusibles, puentes, uniones desarmables u otros dispositivos de corte, de tal manera que se impida el retorno de tensión.

Se debe considerar que las fuentes de tensión no siempre se van a encontrar “aguas arriba” del punto donde se están realizando los trabajos, sino que estas pueden estar ubicadas “aguas abajo” (Grupos electrógenos).



Segunda regla: Bloqueo de los aparatos de corte o seccionamiento e instalación de su respectiva señalización.

Por enclavamiento o bloqueo se deberá entender el grupo de acciones tendientes a impedir el accionamiento accidental de los aparatos de corte, que puede deberse a diversas causas como un error humano, acción de terceros o un fallo técnico.

Existen diferentes formas de realizar el bloqueo de los aparatos de corte:

Bloqueo mecánico: que consiste en inmovilizar un mando de los aparatos a través de candados, cerraduras, cadenas etc.

Bloqueo físico: que consiste en impedir el accionamiento del aparato de corte colocando un elemento de bloqueo entre las cuchillas del mismo, de modo que se imposibilite la unión de sus contactos.

Bloqueo eléctrico: consiste en imposibilitar la operación del aparato de corte abriendo su circuito de accionamiento.

Bloqueo neumático:

La señalización de los aparatos de corte deberá ubicarse en el respectivo mando de accionamiento, o en el propio aparato o en su vecindad, si es que este no dispone de tal dispositivo de mando. En el caso de aparatos que adicionalmente cuenten con accionamientos a distancia, la señalización se deberá instalar en ambos mandos.

Tercer regla: Comprobación de ausencia de tensión

Esta regla implica medir la tensión usando equipo de medición y protección personal adecuados, hasta tener la completa certeza de que todas las posibles fuentes de tensión han sido abiertas. “Hasta que se haya demostrado la ausencia de tensión se deberá proceder como si las instalaciones estuvieran



energizadas” La medición de tensión deberá ser efectuada en todos los conductores y equipos que se encuentren en la zona en que se realicen los trabajos. Para ello se utilizarán los equipos de medición adecuados a las características de los elementos a medir. Previamente a la medición deberá verificarse el funcionamiento de los instrumentos de medición. Para ello se pulsará el botón de prueba en aquellos instrumentos de prueba luminosos o sonoros que dispongan del mismo (chicharas). En caso contrario se deberá poner éste en contacto con un elemento para el cual se haya comprobado que se encuentra energizado. [3]

• **Cuarta regla: Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las fuentes posibles de tensión.**

Se entenderá por puesta a tierra y en cortocircuito la acción de conectar parte de un equipo o circuito eléctrico a tierra, y luego unir entre sí todas las fases mediante un elemento conductor de material y sección adecuada y con conectores normalizados. Se debe considerar que aun cuando se hayan aplicado las anteriores reglas, aún existe riesgo de electrocución para el personal que vaya a efectuar los trabajos:

- Un equipo de puesta a tierra debe constar esencialmente de los siguientes elementos:

1. Pinzas (conectores, mordazas, terminales) de conexión
2. Grapas
3. Conductores de puesta a tierra
4. Conductor de puesta en cortocircuito

No se deben utilizar equipos de puesta a tierra “hechizos”. Se deberán utilizar equipos normalizados y que cuenten con las debidas revisiones de mantenimiento preventivo al día. Algunos aspectos que se deben considerar al realizar el proceso de conexión de la puesta a tierra son:



- Previo a la conexión se debe descartar la presencia de tensión en el elemento a ser conectado a tierra. Para ellos debe utilizarse un detector de tensión acoplado a la pértiga, siguiendo las recomendaciones dadas en la tercera regla.
- Las tierras de trabajo deberán ser instaladas lo más cerca posible de las instalaciones donde se ejecutara el trabajo y ubicada a la vista de los trabajadores. Se utilizara un número de ellas que permita aislar completamente la zona de trabajo de todas las fuentes posibles de tensión.

Quinta regla: Señalización de la zona e trabajo

Deben colocarse señales de seguridad adecuadas, delimitando las zonas de trabajo. Se debe delimitar la zona de trabajo con cintas, vallas y cadenas, que se deben acompañar de banderolas y carteles. Se deben utilizar cintas de delimitación de colores negro y amarillo para demarcar físicamente el paso a zonas energizadas donde el acceso a una distancia menor constituye un peligro.

Al trabajar en elementos que deben ser energizados, cuando se encuentran desenergizados se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Antes de iniciar el trabajo se debe conectar a tierra y en cortocircuito.
- Mientras los conductores o partes del circuito no se encuentren conectados a tierra, se consideran como energizados a su tensión nominal.
- Cuando dos o más trabajadores se encuentren ejecutando los trabajos conectados a una misma línea o equipo, serán responsables de la colocación y retiro de los equipos de puesta a tierra en lugares respectivos.



Esta guía debe ser aplicado a todos los trabajos eléctricos realizados directamente por el personal de la Coordinación de ingeniería eléctrica, dichos servicios y ejecución comprende:

- Mantenimiento de subestaciones eléctricas: comprende la limpieza de la subestación.
- Mantenimiento de transformadores de potencia: verificación de la correcta marcación de cables y tratamiento del transformador de acuerdo al tipo. Instalación de transformadores de potencia: ubicar el equipo en la celda y hacer la conexión de los cables.
- Instalación de sistemas de protección contra sobre-tensión: comprende la instalación de los dispositivos y verificación de los terminales de los cables. Instalación de celdas de media tensión: comprende la instalación de las celdas y verificación de los terminales de los cables.
- Instalación de gabinetes eléctricos: comprende la instalación del gabinete y realización y verificación del cableado.
- Instalación de tableros eléctricos: comprende el traslado e instalación del tablero en el sitio correspondiente y la conexión del cableado.
- Instalación de redes subterráneas de baja y media tensión, incluye excavación para ductería y cajas: Comprende desde la excavación hasta la conexión de la acometida a la red.
- Instalación de acometidas eléctricas: comprende desde la instalación de la ductería hasta la conexión de la acometida a la red.**[3]**



12. SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

12.1 Preparación para el trabajo

El trabajador debe contar con el permiso de trabajo y el bloqueo y tarjeteo de los sistemas eléctricos donde se va a intervenir.

Señalización:

El área donde se ejecutarán los trabajos debe estar señalizada indicando peligro y advertencia de ingreso prohibido al área, como se indica en la figura 1.3.



Figura 12.1 (señalización) [5]

Tensión:

Deberá verificarse la ausencia de media y baja tensión, para lo cual se utilizarán los equipos adecuados y se asegurarán que se encuentren en buen estado.

Puesta a tierra:

El trabajador responsable deberá aterrizar todas las partes que se puedan energizar aplicando las respectivas pautas de seguridad las cuales se enuncian a continuación:



Los equipos de puesta a tierra se deben manejar con pértigas aisladas, conservando las distancias de seguridad respecto a los conductores, hasta completar la instalación.

Los equipos de puesta a tierra deben conectarse primero a tierra y después a los conductores que van a ser puestos a tierra.

Los equipos de puesta a tierra deben conectarse a todos los conductores, equipos o puntos que puedan adquirir potencial durante el trabajo.

Cuando la estructura o apoyo tenga su propia puesta a tierra, se debe conectar a ésta. Cuando deba abrirse un conductor o circuito, se debe colocar puestas a tierra en ambos. [6]

Ejecución del trabajo

El trabajador debe realizar las actividades propias del mantenimiento de equipos y subestación, primero debe soltar los cables, posteriormente realizar la limpieza de compartimiento, ajuste de tornillos de las celda, verificación de estado de terminales de los cables.

Finalización del trabajo

Retiro de puesta a tierra: Se deben retirar las puestas a tierra, desconectando primero los conductores y luego los equipos de puesta a tierra. Posteriormente se debe proceder a la conexión de los equipos y el cierre de las compuertas o celdas.

Energización sin carga:

El trabajador debe energizar sin carga (en vacío) teniendo en cuenta las distancias de seguridad que deben ser mantenidas durante la actividad.



Verificación de tensión:

El trabajador deberá verificar presencia de media tensión conectando la carga; es decir subiendo el breaker que protege la carga y posteriormente realizar la medición en Baja Tensión con la pértiga.

Al finalizar el mantenimiento de la subestación, el trabajador debe retirar la señalización respectiva y asegurar las condiciones de aseo y funcionamiento adecuadas del área. El trabajador debe cerrar el permiso de trabajo. **[6]**

13. MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA



Figura 13.1 (transformador de subestación eléctrica)

Preparación para el trabajo

El trabajador debe contar con el permiso de trabajo y el bloqueo y tarjeteo de los sistemas eléctricos donde se va a intervenir.

**Señalización:**

El área donde se ejecutarán los trabajos debe estar señalizada indicando peligro y advertencia de ingreso prohibido al área. [7]

Tensión:

Deberá verificarse la ausencia de media y baja tensión, para lo cual se utilizarán los equipos adecuados y se asegurarán que se encuentren en buen estado.

Puesta a tierra:

El trabajador responsable deberá aterrizar todas las partes que se puedan energizar aplicando las respectivas pautas de seguridad las cuales se enuncian a continuación:

- Los equipos de puesta a tierra se deben manejar con pértigas aisladas, conservando las distancias de seguridad respecto a los conductores, hasta completar la instalación.
- Los equipos de puesta a tierra deben conectarse primero a tierra y después a los conductores que van a ser puestos a tierra.
- Los equipos de puesta a tierra deben conectarse a todos los conductores, equipos o puntos que puedan adquirir potencial durante el trabajo.
- Cuando la estructura o apoyo tenga su propia puesta a tierra, se debe conectar a ésta. Cuando deba abrirse un conductor o circuito, se debe colocar puestas a tierra en ambos.[7]

Ejecución del trabajo:

El trabajador debe realizar las actividades propias del mantenimiento del transformador:

**Verificación de cables:**

El trabajador deberá verificar la correcta marcación de cables. Posteriormente debe soltar los cables de media y baja tensión.

Transformador en aceite:

Se debe realizar limpieza de las bobinas y aplicarle resina al equipo.

Finalización del trabajo:

Retiro de puesta a tierra: Se deben retirar las puestas a tierra, desconectando primero los conductores y luego los equipos de puesta a tierra. Posteriormente se debe proceder a la conexión de los equipos y el cierre de las compuertas o celdas.

Energización sin carga:

El trabajador debe energizar sin carga (en vacío) teniendo en cuenta las distancias de seguridad que deben ser mantenidas durante la actividad.

Al finalizar el mantenimiento del transformador, el trabajador debe retirar la señalización respectiva y asegurar las condiciones de aseo y funcionamiento adecuadas del área. **[7]**



14. PLAN DE TRABAJO A LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACION ELECTRICA.

Cada equipo o elemento conformado en una subestación eléctrica desarrolla unos parámetros para el funcionamiento del sistema eléctrico, cada uno de estos se le debe realizar sus respectivos controles, monitoreo y mantenimiento para la buena distribución de energía en toda la universidad. [4]

A continuación se describirán los pasos de cómo realizar un mantenimiento a cada equipo de la subestación.

14.1 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO REALIZADOS A LOS TRANSFORMADORES.

El mantenimiento preventivo del transformador es esencial para un alargamiento de su vida útil. Se puede concluir que, de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de diagnóstico realizadas a los transformadores en aceite, la mayoría de las fallas producidas en estos equipos pueden ser atribuidas al deterioro de su sistema de aislamiento.

Sin embargo, este “talón de Aquiles” puede ser fortalecido si se mantiene un programa completo de mantenimiento preventivo periódico orientado a combatir los factores (humedad, oxígeno, calor y contaminación) que inciden en el deterioro del sistema de aislamiento del transformador.

En esta etapa se implementa las pautas para realizar el respectivo mantenimiento a los transformadores, que se le debe hacer a este equipo, las pruebas, las medidas, etc. [7]

Para asegurar una larga vida del transformador y que este opere correctamente todo el tiempo, es de vital importancia estar chequeando periódicamente su desempeño y proporcionarle un mantenimiento adecuado.

**NOTA:**

Para realizar cualquier labor de mantenimiento el transformador debe estar desenergizado.

Todas las labores de mantenimiento tanto preventivo como correctivo deben ser llevadas a cabo por personal capacitado y entrenado en este tipo de actividades. Conservando todas las medidas de seguridad pertinentes.

14.2 PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD PARA EL TRANSFORMADOR.

- Tener la seguridad de que el equipo a probar no esté energizado; verificando la apertura física de interruptores o cuchillas seccionadores, adicionalmente verifique con la pértiga de que no haya tensión y por baja verifique con un voltímetro.
- El tanque o estructura del equipo a probar debe estar aterrizado.
- Aterrice el equipo a probar por 10 minutos aproximadamente para eliminar cargas capacitivas que puedan afectar a la prueba por seguridad personal.
- Desconecte las líneas o barra los terminales del equipo a probar.
- En todos los casos, ya sea un equipo nuevo, reparado o en operación las pruebas que se realicen siempre deberán estar precedidas de actividades de inspección.
- Preparar todos los recursos para la prueba como son: instrumentos, herramientas, probetas, mesa de pruebas etc.
- Colocar los instrumentos de prueba sobre bases firmes y niveladas.
- Compruebe que los terminales de prueba estén en buenas condiciones y que sean los apropiados.
- No aplicar voltaje de prueba, superior al voltaje nominal del equipo.
- Durante la prueba se deben tomar todas las medidas de seguridad personal y para el equipo.
- Anotar las lecturas de la prueba en el orden de trabajo.[7]



14.3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

14.3.1 Medida de relación de transformación con TTR

Mediante la aplicación de esta prueba es posible detectar corto circuito entre espiras, falsos contactos y circuitos abiertos. El método más utilizado para llevar a cabo estas pruebas es con el medidor de relación de vueltas (TTR).

Antes de iniciar esta prueba verifique que los selectores del TTR tengan la relación que se va a medir, gire la manivela, si esta se torna dura y la corriente de excitación se aumenta, pare de girar la manivela, verifique, verifique la polaridad y proceda nuevamente a girar la manivela, si esta sigue dura, pare la prueba que el transformador seguramente está en corto. [7]

14.3.2 Medida de resistencia de aislamiento de los devanados

Esta prueba es de gran utilidad para dar una idea rápida y confiable de las condiciones de del aislamiento total del transformador bajo prueba.

La medición de esta resistencia independientemente de ser cuantitativa también es la relativa ya que el hecho de estar influenciada por aislamientos como la porcelana, papel, aceite, etc. La convierte en indicador de la presencia de la humedad o suciedad en estos materiales.

Para iniciar el proceso de prueba se recomienda:

- Limpie los aisladores de alta y baja tensión quitando el polvo y la suciedad.
- Desconecte los neutros de los devanados al sistema de tierra.
- Puntee los terminales de los aisladores tanto de alta como de baja tensión.
- Conecte adecuadamente los terminales los terminales de prueba al transformador que se va a probar.
- Proceda a efectuar la prueba.
- Al terminar la prueba verifique el medidor ya se halla descargado.



14.3.3 Medida de Resistencia óhmica de los Devanados

En todas las posiciones del tap utilizando puente kelvin, esto si hay disponibilidad de tiempo para realizar la prueba:

- Desconecte los terminales externos de alta y baja tensión.
- Desconecte los neutros de tierra de una conexión en estrella.
- Como no se conoce la resistencia óhmica del transformador bajo prueba, el multiplicador y las perillas de medición deberán colocarse en su valor más alto.[7]

14.3.4 Temperatura

Se debe medir la temperatura en la parte del inferior y superior de la cuba y los radiadores, en los terminales de los aisladores de alta y baja tensión, con el fin de verificar que no haya puntos calientes. Esta medida se puede realizar con termómetro laser.

14.3.5 Determinación de las condiciones fisicoquímicas del aceite

Procedimientos toma de muestras:

- El recipiente utilizado para la toma de la muestra, debe estar limpio.
- Sacar la muestra por la válvula de drenaje o muestreo si el transformador la tiene, si no hacerlo por la válvula de sobrepresión.
- Evite sacar la muestra en tiempo de lluvia, neblina o viento violento.
- Cuando utilice la manguera para la muestra por la válvula de sobrepresión lávela con solvente, (acetona, metanol, hexanol) y luego enjuáguela con el aceite a probar.
- Utilice únicamente recipientes limpios y secos de vidrio o plástico de color ámbar.
- Deje salir una cantidad suficiente de aceite en un recipiente con el fin de eliminar los agentes contaminantes eventualmente presentes en la



- válvula de drenaje o muestreo, previo a esto limpie la superficie de la válvula para retirar las impurezas presente.
- Llene el frasco dejándolo si es posible fluir el líquido a lo largo de las paredes internas del frasco con el fin de evitar la oclusión del aire.
- El volumen de la muestra debe ser aproximadamente de 750ml.
- Identifique la muestra utilizando el steaker de control de calidad para muestreo.[7]

14.3.6 Procedimiento en caso de ser viable el mantenimiento

- Limpieza total del transformador. Se debe limpiar totalmente la superficie del transformador con el fin de verificar posibles fugas de aceite y puntos de oxidación.
- Retiro del aceite existente a tambores. El aceite existente se debe almacenar en tambores limpios e identificados con:
 - *número de (OT).
 - *color de aceite.
 - *clasificación (limpio, quemado o reutilizable).
- Medida de resistencia de aislamiento con megger, el cual se compara con la medición inicial. Si existe una diferencia sensible, indica que el aceite esta malo. Si persiste bajo nivel de aislamiento, se procede a retirar el aislador por aislador de A/T y B/T, para verificar el estado de los aisladores.
- Con el transformador sin aceite y sin aisladores, se mide nuevamente la resistencia de aislamiento de los devanados. Si esta medida es óptima, es decir \geq de 20000 M Ω , se deduce que la parte activa no contiene humedad. Si el valor medido es menor, se concluye de que existe humedad en los devanados, o el papel está deteriorado.
- Si las condiciones del local donde está ubicado el transformador lo permiten, se procede al desencube parcial o total y se revisa el estado y la posición de las bobinas (verificar si existe desplazamiento o rastros de partículas de cobre o carbón), se revisa los contactos del tap verificando



si están carcomidos o en mal estado, caso en el cual debe cambiarse o verificar que no exista estrés o caminos de carbón en la parte aislante del tap.[7]

15. TRABAJOS DE MANTENIMIENTO REALIZADO A LOS SECCIONADORES DE M.T



Figura 15.1 (seccionadores de subestación eléctrica)

Después de 1000 operaciones, las partes que requieran cambio o que estén en condiciones anormales, deben ser remplazadas o ajustadas. Las piezas en donde se presenta mayor rozamiento, o que tienen giro frecuente, deben ser lubricadas.

Existe una grasa de muy buena calidad que se utiliza para el seccionador llamado NGLI N° 2Y sus características son:

- Sin jabón
- Penetración a 77 °F trabaja 260-310



- Punto de goteo °F/centígrado 500-260
- Viscosidad. Aceite mineral CST a 100 °C 30/33
- Textura suave
- Rango de operación (°C) -40/177[6]

Para obtener un buen funcionamiento de los seccionadores es indispensable hacerles revisiones y limpiezas periódicamente; se recomienda para ambientes salinos, engrasarlos y revisarlos en tiempo NO MAYOR A UN AÑO. [7]

- a) Limpieza
- b) Operación de apertura
- c) Operación cerrado
- d) Operación del disparo tripolar
- e) Revisión del ajuste de sus partes
- f) Engrase

Posibles fallas por mal montaje

- 1) Cuando el seccionador no hace todo el recorrido de armado de los resorte. (al intentar cerrar el seccionador, suena un golpe seco pero sin cerrar las cuchillas) esta operación no se debe repetir; ya que puede destruir el equipo.[8]

Pasos a seguir

- A- Asegúrese que el seccionador este montado de acuerdo a las especificaciones técnicas dadas en el manual de instrucciones, teniendo en cuenta todas las medidas ahí citadas.
- B- Los tornillos de sujeción de la palanca principal y auxiliar deben estar bien ajustados para el ajuste de tornillos se debe utilizar una llave 5/16 y 1/4" de acuerdo al tipo de seccionador.
- C- Si continua el problema al a ver hecho bien los dos pasos anteriores se pasa al último agujero de la palanca principal. La palanca tuvo.

Para realizar cualquier clase de inspección o mantenimiento a los seccionadores es importante que se encuentren totalmente desenergizado. [8]



15.1 Precauciones o procedimientos a tener en cuenta

- 1)** Tramites o aprobación para desenergización de acometida de media tensión que alimenta al transformador y seccionador.
- 2)** Corte visible física de cortacircuitos o retiro de cañuelas en poste.
- 3)** Instalación de sistema tierra 3 fases/neutro/tierra
- 4)** Verificar ausencia de tensión.
- 5)** Apertura de seccionador y desconectar la fuente de energía desde el exterior de la celda.
- 6)** Se debe utilizar equipo de protección, (casco, botas aislantes, gafas y guantes).
- 7)** La distancia de aislamiento de las partes energizadas a cualquier objeto no debe ser inferior a 14 centímetros para 13.2 KV.
- 8)** No engrasar las cuchillas auxiliares ni las cámaras apaga chispas.
- 9)** En caso de llevar fusibles deben estar acuerdo al equipo montado.
- 10)** El lugar de montaje debe estar lo más limpio posible y no tener alambres sueltos u objetos que estorben el normal funcionamiento del seccionador.
- 11)** El lugar de instalación no debe presentar humedad, ni polvo excesivo.
- 12)** Secar y limpiar todas las partes aislantes y no utilizar disolventes fuertes.
- 13)** Compruebe que este bien ajustada toda la tornillería del montaje eléctrico y mecánico.
- 14)** Hacer tres o cuatro maniobras para comprobar que el funcionamiento del seccionador sea el correcto.**[8]**



15.2 Ensayos sobre los seccionadores.

Los ensayos de tipo sobre los seccionadores son los solicitados en la norma IEC 62271102 vigente y correspondientes, en particular:

1. Ensayos dieléctricos.
 - Ensayo de tensión soportada a impulso de rayo.
 - Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial.
2. Ensayo de calentamiento.
3. Medida de la resistencia del circuito principal.
4. Ensayo a intensidad de corta duración admisible y el valor de cresta de la intensidad admisible.
5. Ensayos de vida mecánica y de operación. En particular se realizará el ensayo de esfuerzo mecánico sobre el gancho de apertura. **[8]**

15.3 Ensayos sobre los aisladores.

Los ensayos de tipo para los aisladores utilizados en los seccionadores, son los detallados en la norma IEC 60168, en particular:

- a. Impulso
- b. Tensión aplicada en seco (interiores)
- c. Tensión aplicada bajo lluvia (exteriores)
- d. Esfuerzo de flexión

15.4 Ensayos de rutina

Los seccionadores serán sometidos individualmente durante su fabricación a los siguientes ensayos de rutina solicitados en la norma IEC 62271-102 vigente y correspondientes:

1. Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial
2. Medida de la resistencia del circuito principal
3. Ensayos de operación mecánica
4. Ensayo de calidad de cincado (según norma NO-DIS-MA-2205). **[8]**



16. TRABAJOS DE MANTENIMIENTO A REALIZAREN TABLEROS ELECTRICOS



Figura 16.1 (tableros de distribución de subestación eléctrica)

16.1 ¿Qué es un tablero eléctrico?

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. [9]

Los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan por lo general en tableros eléctricos, teniendo una referencia de conexión estos pueden ser.

- Diagrama Unifilar
- Diagrama de Control
- Diagrama de interconexión



16.2 MANTENIMIENTO A TABLEROS ELECTRICOS.

A continuación se describe la metodología de trabajo para la realización del mantenimiento referente a estos equipos.

En el mantenimiento de los tableros eléctricos se han definido dos áreas las cuales son:

1. Mantenimiento Mecánico del Gabinete, caja ó Armario.

2. Mantenimiento Eléctrico.

La primera área de intervención está condicionada básicamente al material con que se fabricó esta caja ó gabinete, a su ubicación dentro de la instalación (interior ó exterior), el tipo de ambiente donde esté instalado (Corrosivo ó no) y sobre todo a la calidad o buen arte de su instalación inicial.

El mantenimiento para un gabinete metálico es diferente que el que se realizaría si fuera de PVC. En uno me preocupo por la oxidación y su aislamiento del agua o de la humedad básicamente y el otro por la acción de los rayos ultravioletas.

Si está instalado en el interior y protegido no recibirá el mismo mantenimiento si estuviera en el exterior.

Otra consideración muy importante es el tipo de ambiente donde se halla instalado, es decir si este es agresivo o corrosivo, el mantenimiento cambia radicalmente.

Y por último, si el tablero se instaló cuidando todas las reglas del buen arte, su mantenimiento posterior es diferente al que se tendría que llevar a cabo si estas reglas no se hubieran tenido en cuenta. **[10]**

1. Mantenimiento Mecánico del Gabinete, Caja ó Armario.

A continuación numeramos todas las acciones que debemos realizar en el mantenimiento mecánico.



Limpieza.

Se deben limpiar todas las superficies exteriores del tablero eléctrico tratando de eliminar todo el polvo, rastros de pintura que puedan presentarse, buscando dejar todas las superficies exteriores de forma prolija y sin impurezas.

Limpieza interior.

Se debe limpiar el interior del tablero con aspiradora y pincel, teniendo cuidado ya que dentro del gabinete tenemos elementos bajo tensión. Para la limpieza interior debemos retirar las contratapas del tablero de manera de poder acceder a todos los lugares de los diferentes elementos.

Para ello es necesario disponer de por lo menos tres tipos de picos diferentes para la aspiradora.

Nota Importante: Todos los elementos de la aspiradora (manguera, picos, etc.) deben ser de material aislante para evitar contactos directos.

Los pinceles que se usan en esta tarea, deben tener su mango de plástico ó madera. Además se debe aislar con cinta aisladora la faja de metal que contiene a las cerdas del pincel.

Oxidación.

Cuando se trata de gabinetes metálicos Pintados. Debemos detectar todos los puntos de oxidación existente, remover todo el material en descomposición y posteriormente proteger con convertidor de oxido y esmalte sintético.

Control de bisagras y cerraduras.

Se deberán probar todas las bisagras y cerraduras, se lubricaran y controlaran su estado de giro y desplazamiento. Asegurando que la apertura sea sin esfuerzo ni trabas.

Burletes y sellos.

Se controlará el estado de conservación de los burletes y sellos. Recordando que la hermeticidad se consigue a través de estos elementos.

El buen estado de conservación de estos elementos minimiza el trabajo de limpieza de las sucesivas intervenciones. **[10]**



Soporte y rieles normalizados de fijación de elementos.

Durante la intervención hay que asegurarse que estos elementos estén en correcto estado de solidez y fijación.

Contratapas.

Es imprescindible asegurarse de la buena instalación de estos elementos. Es muy común que los métodos de fijación utilizados no son los más cómodos y prácticos para desarmar y volver armar. Cuando intervenimos un tablero es necesario dotar a este de un buen sistema de fijación de la contratapa ya que para intervenirlo, siempre hay que removerla.

Nota Importante: Esta tarea muchas veces se deja de lado. Y es sumamente útil para las personas que realizan el mantenimiento contar con un sistema practico y seguro de fijación de contratapa. (Es una de las tareas que más tiempo insume durante la intervención de mantenimiento).

Tornillos y tuercas de fijación.

Es indispensable que el operario de mantenimiento normalice todos los elementos de fijación como ser tornillos y tuercas. Es muy común encontrarnos en los tableros con una gran variedad de tamaños, tipos y medidas de estos elementos, lo cual obliga contar con muchas herramientas para poder realizar el desarmado para el mantenimiento.

El operario tratará de contar con no más de tres medidas de tuercas o cabezas hexagonales de tornillos. Y para el caso de tornillos para destornillador se tratará en lo posible de contar con un solo tipo (Philips ó Plano). **[9]**

2. Mantenimiento Eléctrico:

Acometida eléctrica:

Todo tablero posee un alimentador de entrada, este puede ser por:

- a. Cable.
- b. Barras de cobre.



La tarea consiste en supervisar esta entrada si se encuentra fija mecánicamente, que no existan falsos contactos, que si se ha realizado con conductores, estos hayan terminado en terminales para su fijación y que el estado de aislación sea bueno.

El caso de las acometidas con barras de cobres es menos problemático para su mantenimiento, ya que estos elementos conductores son rígidos y rara vez se aflojan sus fijaciones. [9]

Interruptor de Corte General.

Es el interruptor que corta el suministro eléctrico al tablero. Es de suma utilidad para el mantenimiento. Se debe accionar el interruptor general y comprobar que corte del suministro eléctrico a todas las fases.

Si este es del tipo bajo carga con fusibles NH se deben controlar el estado de conservación de los fusibles. Y se debe pulverizar con limpia contactos sobre las cuchillas de encastre. Una vez realizado esto se debe armar y desarmar dos o tres veces el seccionador para evitar falsos contactos y encastres defectuosos.

Si es de palanca o rotativo se debe accionar dos o tres veces (siempre sin carga) para provocar la maniobra del mecanismo y evitar trabas.

De esta manera también se remueven los sulfatos formados de los contactos.

Si estos dispositivos tuvieran algún mecanismo de testeado o prueba, se debe utilizar de manera de accionar el mecanismo con esta opción, el no uso de estos dispositivos origina su deterioro.

Distribuidores y Repartidores.

Para alimentar todos los elementos “aguas abajo” del interruptor de corte general aparecen estos dispositivos. En general pueden ser:

- a. Barras de cobre.
- b. Bloque de Borneras con puente.
- c. Guirnalda realizada con conductores.



En general el uso de uno o de otro depende de la magnitud del tablero, en la práctica nos encontramos con todos estos tipos.

La tarea de mantenimiento consiste en:

- Asegurar las conexiones, de manera rígida y confiable.
- Asegurar su estado de aislación de madera firme y segura. [10]

Interruptores de Protección y de accionamiento (interruptores termo magnéticos, diferenciales, horarios, contactares, etc.). Inspección visual de cortocircuitos, sobrecalentamiento, sulfatos y otros.

El operario realizará una observación visual profunda de los elementos constituidos en el tablero. De manera de detectar fallos y anomalías evidentes a simple vista.

Esta es una tarea importante para el personal de mantenimiento, ya que en esta instancia aparecen todos los indicios de posibles malos funcionamientos.

Bornes de Conexión. Se deberá controlar todos los bornes de conexión de los diferentes elementos, repasando el apriete de los tornillos de dichos bornes. Si en la entrada a los diferentes elementos se ha utilizado terminales se deberá comprobar la solidez del dentado.

Operación de ON – OF. Se deberá accionar con el dispositivo de conectar y desconectar de cada elemento, dos o tres veces c/u. Tarea que obliga al dispositivo a mover sus partes internas y disminuir su deterioro.

Para el caso de aquellos elementos que poseen botón de testeo, se deberá accionar este botón de manera de comprobar su funcionamiento. (Tarea que por lo general se realiza con carga).

Control de la Temperatura de Funcionamiento. Tarea que se realizará con un termómetro óptico, tomando los valores de temperatura del cuerpo y de los bornes de entrada y salida de los diferentes elementos.

Estos valores se evaluarán comparándolos con los valores normales informados por los fabricantes. [10]



Ajuste de la Calibración. Aquellos dispositivos que posean elementos de calibración ó regulación para el corte, se accionará el elemento de regulación hasta el final de su escala y hasta el principio unas cuantas veces, y se procederá a la calibración de acuerdo a normas, evaluando la corriente de circulación nominal del circuito

Bornes y Borneras de Alimentación a Circuitos de Consumo y Cargas.

Por lo general son los elementos que encontramos en los tableros eléctricos aguas abajo de los elementos de protección y maniobra.

El trabajo de mantenimiento sobre estos elementos consiste en verificar el estado de apriete de los tornillos de fijación, la rigidez de conexión de los conductores eléctricos. Y el estado de aislación entre borne y borne; borne y gabinete.

Se recomienda que la entrada ó salida de este elemento se realice con terminales adecuados ó bien se estañe la punta del conductor. **[10]**

Peinado de los Conductores Eléctricos.

Las conexiones de las barras repartidoras ó de distribución a los diferentes elementos de protección y maniobra se realiza con conductores eléctricos (cables), como también las conexiones de estos elementos a las borneras de salida se realiza con conductores.

La tarea consiste en realizar de manera prolija y ordenada estas conexiones, realizando paquetes de conductores precintados. Guiando su recorrido de manera estética.

Si se tienen que reemplazar conductores se debe tener especial cuidado en respetar el código de colores.

Es muy común encontrarnos en los tableros que se usó para su realización un solo tipo de conductor y un solo color. Para estos casos se recomienda cambiar por lo menos el conductor de NEUTRO y de TIERRA, por conductores con sus colores normalizados (celeste y verde-amarillo). **[10]**



Dentro de esta sección incluimos a los conductores de salida (aguas debajo de las borneras de salidas). Los recorridos y agrupación de estos conductores se deben realizar de manera prolija y ordenada, que a la vista sea agradable su disposición.

Rotulado:

Es la acción de señalizado y codificación de los diferentes elementos de un tablero. A continuación indicaremos la rotulación mínima e indispensable de todo tablero.

- a- **Nombre del Tablero.** Se encuentra del lado exterior de su tapa.
- b- 1, Tablero Planta Baja, Tablero de Bomba, etc.
- c- **Señalización de cada elemento del tablero.** Ej.: Circuito. Nº1, Circuito de Iluminación, Circuito de tomacorrientes, Bomba de Torre, Compresor Nº1, etc.
- d- **Diagrama unifilar ó de bloques.** Es indispensable indicar en este diagrama de donde proviene el alimentador.

Frecuencia de Intervención:

La frecuencia aconsejada por las normas es semestral para tableros en baja tensión.

Esta frecuencia está sujeta a los cambios de la carga, es decir si el tablero en cuestión alimenta cargas que cambian o se modifican la frecuencia aumentará.

[9]



16.3 Herramientas necesarias para el mantenimiento de tableros eléctricos.

El operario de mantenimiento que realiza tareas en Tableros Eléctricos debe contar con las siguientes herramientas:

Herramientas Comunes.

- Alicates con mango aislado chico.
- Alicates con mango aislado mediano.
- Pinza de fuerza mediana y grande, con mango aislado.
- Pinza de punta redonda con mango aislado.
- Destornillador Philips con cuerpo aislado (dos medidas, chico y grande).
- Destornillador plano con cuerpo aislado (cuatro medidas).
- Juego de llaves Halem con mango en T y cuerpo aislado (Un juego en pulgadas y otro milimétrico no más de seis elementos cada uno).
- Juego de llaves tubos fijas con mango en T, de cuerpo aislado (Un juego en pulgadas y otros milimétricos no más de seis elementos cada uno).
- Llave ajustable con mango aislado (dos tamaños una chica y otra mediana).
- Pinza de identificar terminales.
- Martillo.
- Trincheta.
- Tijera.
- Linterna chica.

Instrumentos.

- Busca polo.
- Punta de Prueba.
- Multímetro.
- Pinza amperimétrica.
- Analizador de Redes eléctricas. (Teniendo este instrumento no necesitamos el anterior).
- Termómetro de funcionamiento óptico. (Todos los termómetros con puntero láser).
- Palm (instrumento) para el registro de datos.



Otras Herramientas.

- Destornillador eléctrico.
- Pistola de Calor.
- Soldador de Estaño. (Potencia variable de 0 a 150 W).
- Taladro con percutor reversible de velocidad variable (Con mandril hasta 13 mm).
- Amoladora chica (con disco de corte, de desbaste y de lijado ó limado).
- Juego de machos para realizar rosca con mango hasta ¼" (Seis medidas).
- Rotuladora.

Equipos de Seguridad y de Protección.

- Casco.
- Protectores visuales.
- Guantes moteados de hilo (Para trabajo diario).
- Guantes dielécticos. (Conjunto guante de goma y de cuero hasta ante brazo).
- Zapatos de seguridad con puntera de material aislante (No de metal).
- Alfombra dieléctrica de seguridad (Medidas aproximadas 1200 mm x 800mm x 10 mm).
- Mango aislado tipo pértiga corta.
- Conos y cinta de seguridad para limitar perímetros.
- Tarjetas de intervención eléctrica para tableros según norma con código de colores.
- Anuladores de intervención de tableros y de elementos con sus candados correspondientes.

Nota: Se considera esta como la dotación mínima por equipo de trabajo en tableros eléctricos, cuidando sobre todo la seguridad en primer lugar y en segundo lugar el buen arte de realizar las cosas. **[10]**



16.4 Competencias técnicas de los operarios destinados al mantenimiento de tableros eléctricos.

Nivel Técnico Adecuado y Categorización.

Los operarios dedicados a realizar las intervenciones de mantenimiento en tableros deben ser:

- a- Técnico electromecánico. Con por lo menos dos años de experiencia en tareas eléctricas.
- b- Técnico Electricista: Con por lo menos dos años de experiencia en tareas eléctricas.
- c- Electricista matriculado: Con por lo menos dos años de experiencia en tareas eléctricas.
- d- Electricista Idóneo: Con por lo menos cuatro años de experiencia en tareas eléctricas.

Será condición antes de comenzar con las rutinas específicas que los técnicos reciban del técnico en Higiene y Seguridad de la empresa, la capacitación adecuada para la tarea.

Evaluación Tipo para los Operarios Calificados:

Lo siguiente, son las preguntas y conceptos técnicos que debe manejar el operario. Antes de iniciar las intervenciones en tableros eléctricos, el operario debe responder satisfactoriamente el siguiente cuestionario:

- 1 - Defina lo que entiende por Tensión o Diferencia de Potencial. En qué unidades se mide.
- 2 - Defina que entiende por corriente eléctrica. En qué unidades se mide.
- 3 - Defina que entiende por potencia eléctrica. En qué unidades se mide.
- 4 - Realice un diagrama unifilar alimentando un motor trifásico, utilizando para su accionamiento un contactor y para su protección un interruptor termo magnético.



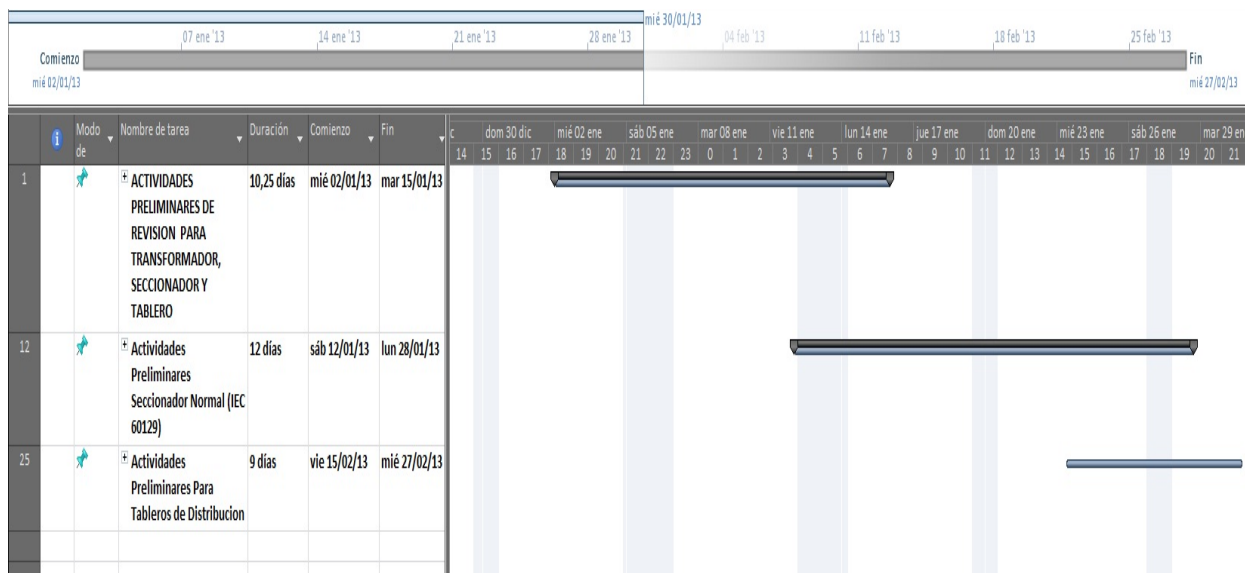
5 - Realice un diagrama multifilar de un tablero utilizando los siguientes elementos:

- Seccionador bajo carga NH. Como interruptor General.
- Juego de barras de cobre. Como derivador de circuitos.
- Circuito en R compuesto por un interruptor diferencial monofásico y un interruptor termo magnético bipolar.
- Circuito en S compuesto por un interruptor termo magnético bipolar y un interruptor horario.
- Circuito en T compuesto por un minibreaker y ojo de buey o lámpara de indicación de 220 volts.
- Circuito trifásico con interruptor tetrapolar.[10]

17. PROGRAMACIÓN PERIÓDICA PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPO DE LA SUBESTACIÓN.

En los siguientes diagramas realizados en el programa PROJECT muestran los periodos de trabajos de mantenimiento preventivo a los equipos:

Tabla 17.1 (Actividades de mantenimiento preventivo)





17.2 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL TRANSFORMADOR.

Tabla 17.2 (Periodo de mantenimiento preventivo para transformador)

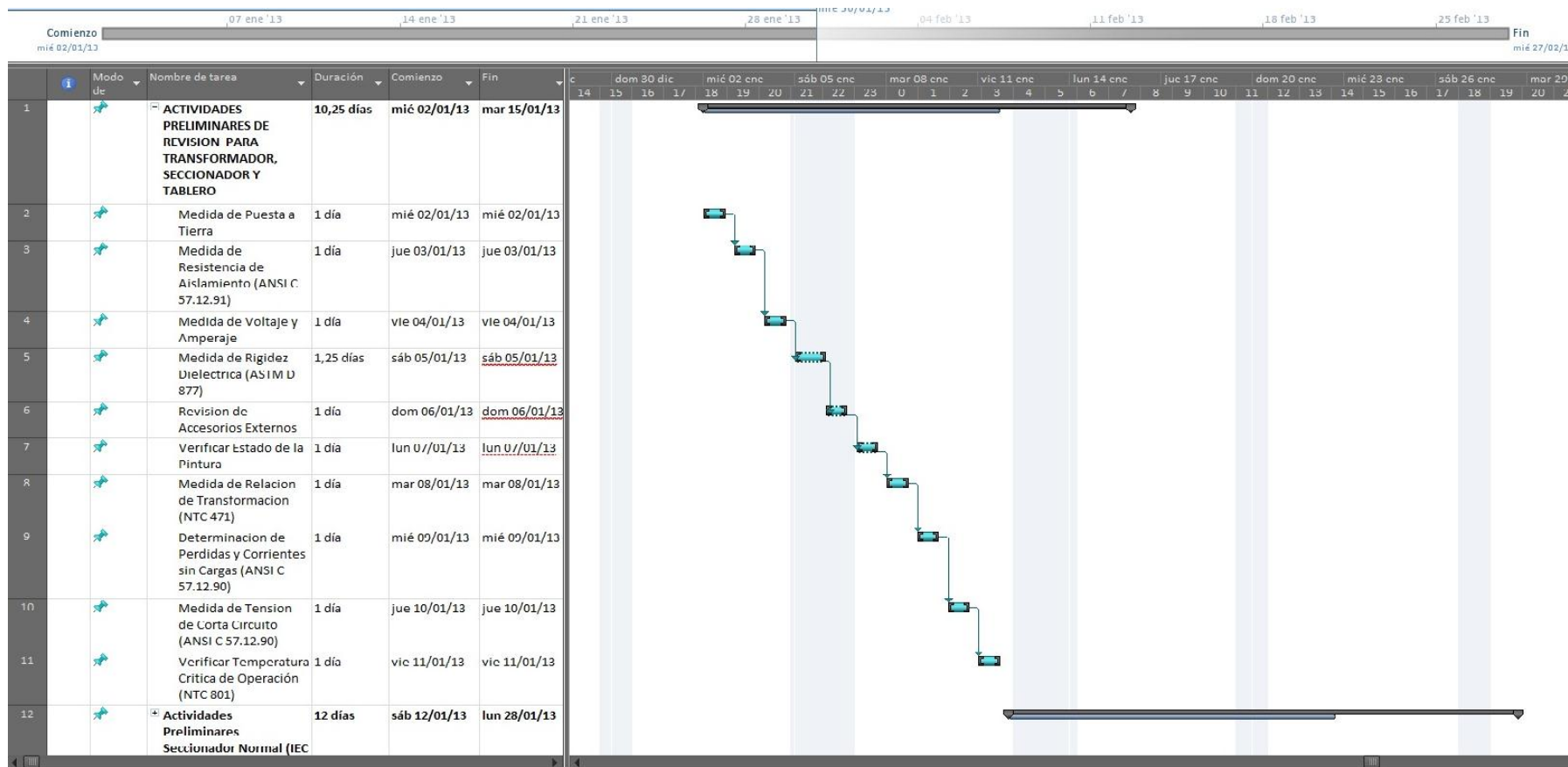
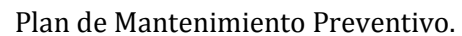




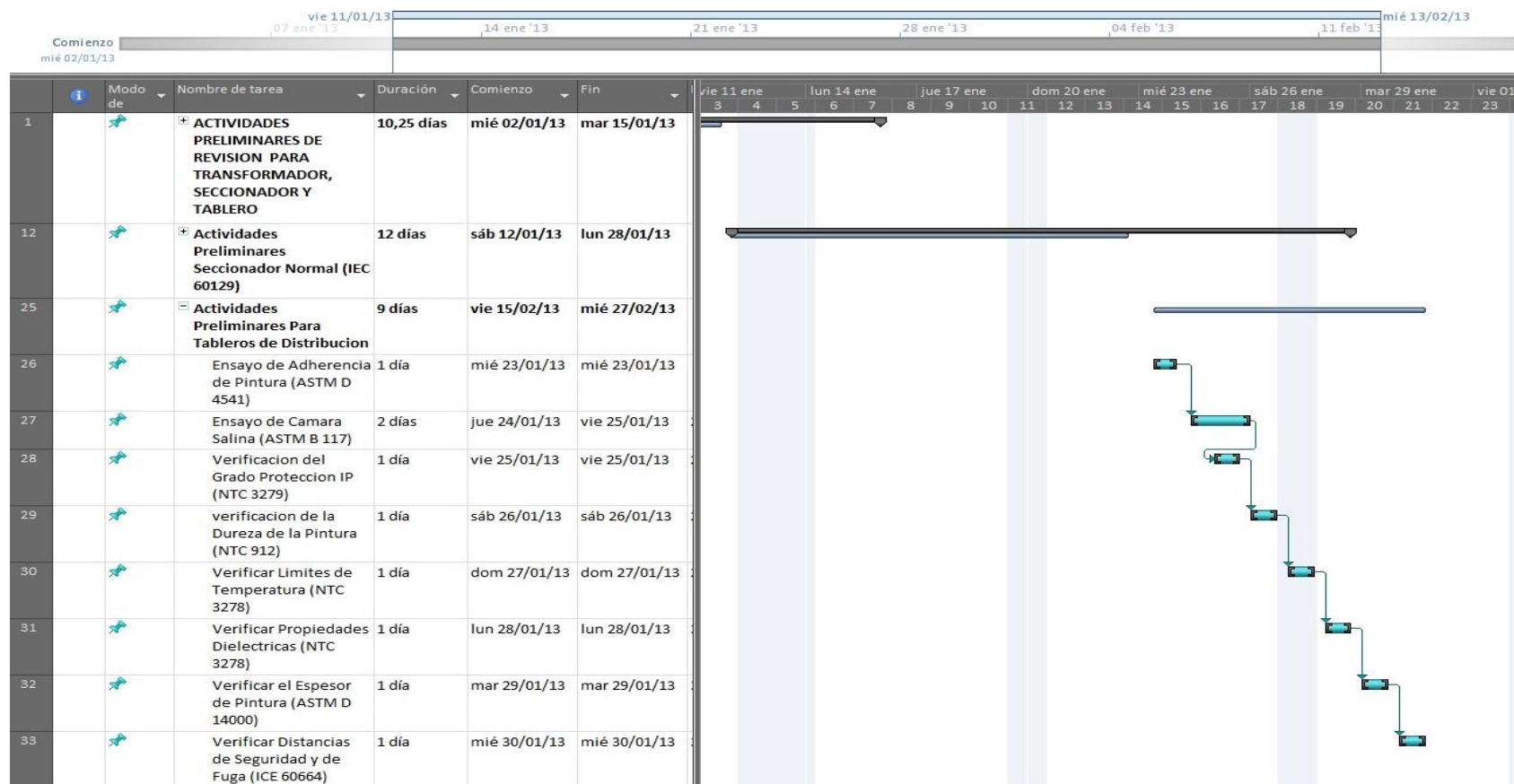
Tabla 17.3 (Periodo de mantenimiento preventivo para el seccionador)





17.4 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TABLEROS ELÉCTRICOS.

Tabla 17.4 (Periodo de mantenimiento preventivo para el tablero eléctrico)





17.4 JUSTIFICACIONES DE LOS CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES

Las actividades contempladas en el cronograma para el mantenimiento preventivo a los equipos de la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, se programaron para el mes de enero del próximo año, con la intención de no afectar el suministro eléctrico en las actividades académicas del primer semestre del año 2013.

Para los trabajos de mantenimiento preventivo a los equipos de la subestación eléctrica se dividieron en tres grupos:

- Transformador
- Seccionador
- Tableros eléctricos

Para el trabajo de mantenimiento al transformador en la subestación de la universidad, se empleó una serie de pasos, enfocados a las características que componen a este activo.

Dentro de estas actividades se mencionan las siguientes actividades:

- Medida de resistencia de aislamiento.
- Medida de rigidez dieléctrica.
- Determinación de perdidas y corriente sin cargas
- Relación de transformación

Para este tipo de pruebas se requiere desenergizar el transformador, lo que significa que el sistema eléctrico necesitará un transformador en calidad de préstamo para que no se vea afectada la energía eléctrica en toda la universidad.

En el trabajo de mantenimiento preventivo al seccionador se tienen en cuenta las siguientes actividades:

- Ensayo de esfuerzo mecánico
- Revisión de aislamiento
- Revisión de fusibles



En estas actividades mencionadas se requiere el corte del suministro eléctrico, estas se realizan en un lapso de tiempo corto (una o dos horas aproximadamente).

El tablero eléctrico requiere de un mantenimiento preventivo, para este trabajo se necesita desenergizar el sistema eléctrico, accionando el breaker principal o totalizador, esto afectaría el flujo eléctrico de la universidad por un periodo de tiempo de 3 o 4 horas.

Analizando los trabajos más críticos en los equipos en la subestación eléctrica de la universidad, el suministro eléctrico se ve afectado por los trabajos a realizar, se requiere de instalar una planta emergencia que alimente ciertas áreas aunque estos trabajos se desarrollaran en periodo de vacaciones.

18. DELIMITACIÓN

18.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El área considerada para el desarrollo del Plan de Mantenimiento estuvo enmarcada en la subestación eléctrica de la universidad de la costa (UNICOSTA), esta subestación cuenta con dos transformadores convencionales de Media Tensión a Baja Tensión, MT/BT de 800 KVA y 300 KVA para el suministro eléctrico de la UNICOSTA y la CUL.



Figura 18.1 (SUBESTACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA)

18.2 DELIMITACIÓN CRONOLÓGICA

La investigación se desarrollo en la ciudad de Barranquilla entre octubre de 2011 y julio de 2012, en la empresa INGENIERIA ELECTRICA Y SERVICIOS DE COLOMBIA LTDA. Con un horario establecido de 5 horas por día, 3 horas en las mañanas y 2 en las tardes de lunes a viernes.



18.3 ALCANCES

- Se inspeccionarán visualmente los equipos que constituyen esta subestación, ubicación, estado y distancia.
- Se investigara sobre la seguridad, trabajo y mantenimiento que se le realizan a los diferentes componentes de la subestación.
- Se desarrollara una guía de seguridad para los diferentes equipos de esta subestación.
- Se presentaran normativas en base al respectivo mantenimiento que se le debe hacer a cada elemento de la S/E.



19. DISEÑO METODOLOGICO

19.1 DESARROLLO DEL TRABAJO

En la realización del plan de mantenimiento a la subestación eléctrica de la Unicosta se tuvieron en cuenta los equipos más críticos como lo son: el seccionador, el transformador y el sistema de distribución (Tablero Eléctrico), los cuales constituyen la parte fundamental en el suministro eléctrico.

19.1.1 Equipo Seccionador.

Para la investigación acerca del mantenimiento preventivo de este equipo se consultó en archivos, empresas, documentos, en páginas web todo lo relacionado al funcionamiento, maniobra y seguridad, no obstante cabe decir que la empresa Ingeniería Eléctrica Y Servicios de Colombia Ltda., nos aportó información en la parte del mantenimiento a los seccionadores.

19.1.2 Equipo Transformador.

El desarrollo del plan de mantenimiento al transformador, nos basamos en información suministrada de la empresa MAGNETRÓN, esta se encarga de la fabricación, ensayos y mantenimientos regidos por normas y estándares. También se realizó una investigación en trabajos realizados en otras universidades donde se han hecho planes de mantenimiento.

19.1.3 Equipo Tablero de Distribución (Tableros Eléctricos)

En este caso la información que se tuvo en cuenta para realizar este tipo de mantenimiento, se enfocó más que todo a las experiencias dadas por el ingeniero electricista (CARLOS FERNANDEZ) gerente de la empresa Ingeniería Eléctrica y Servicios de Colombia Ltda quien nos explico las condiciones generales de seguridad y el desarrollo del trabajo para realizar un buen mantenimiento a estos equipos.



20. NORMATIVIDAD PARA EL MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN

De acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos críticos de la subestación de Universidad de la Costa CUC, se plantean las diferentes normativas de mantenimiento que se vienen dando en la actualidad. A continuación se describirán las normas de cada uno de estos elementos (transformador, seccionador, tableros de distribución).

20.1 NORMAS DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PARA TRANSFORMADORES CONVENCIONALES.

Las siguientes normas se aplican a los transformadores de distribución de serie 15 kV y potencias hasta de 167 kVA para transformadores monofásicos y hasta 800 kVA para transformadores trifásicos.

Las normas aplicables son las siguientes:

- ✓ **NTC 316.** Prueba de calentamiento ó (ANSI C 57.12.90 e IEC 76).

Esta norma establece el método de ensayo que permite determinar los parámetros térmicos, la temperatura de los devanados y del líquido refrigerante de los transformadores. Los resultados sirven como base para determinar la cargabilidad de los transformadores objeto de este ensayo. **[11]**

- ✓ **NTC 375** Medida de la resistencia de los devanados ANSI/IEEE 62-1995 ó (IEC76). **[12]**

Esta norma establece la forma de efectuar la medida de la resistencia de los devanados en los transformadores de distribución y de potencia.

La medida de la resistencia de los devanados se efectúa generalmente por los métodos de la caída de tensión o del puente.



✓ **NTC 380** Pruebas eléctricas. Generalidades ó (IEC 76 y BS 171). **[13]**

Esta norma establece los ensayos a los que deben someterse los transformadores de distribución y de potencia.

Ensayo de rutina.

Ensayo de tipo.

Ensayo especial.

✓ **NTC 471** Relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase. (ANSI/IEEE 57.12.91) **[14]**

Esta norma establece la forma de efectuar la medición de la relación de transformación, verificar la polaridad y la relación de fase (desplazamiento angular y secuencia) en los transformadores de distribución y de potencia.

✓ **NTC 532** Aptitud para soportar el cortocircuito ó (IEC 76, ANSI C 57.12.00). **[15]**

Esta norma establece las condiciones mecánicas y térmicas de cortocircuito que deben soportar los transformadores de distribución de potencia inmersos en líquido así como los requisitos del ensayo que demuestra la aptitud para soportar esas condiciones.

✓ **NTC 801** Límites de calentamiento (IEC 76).

Esta norma establece los límites de calentamiento de los devanados los circuitos magnéticos y el aceite de los transformadores de distribución y de potencia. **[16]**



✓ **NTC 836** Niveles de aislamiento (ANSI C 57.12.00).

Esta norma establece los niveles de aislamiento y los ensayo de los devanados para los transformadores de distribución y potencia sumergidos en líquido refrigerante. [17]

✓ **NTC 1005** Determinación de la tensión de cortocircuito ó (ANSI C 57.12.90) [18]

El propósito de esta prueba es la determinación de pérdidas y tensión de cortocircuito, tanto para transformadores monofásicos como para trifásicos, de acuerdo al procedimiento descrito en la NTC 1005.

✓ **NTC 1031** Pruebas para determinar pérdidas y corriente sin carga ó (ANSI C 57.12.90). [19]

Esta norma establece los ensayos a los cuales se deben someter los transformadores para determinar sus pérdidas y corrientes sin carga.



20.2 NORMAS DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PARA SECCIONADORES TRIPOLARES.

El diseño y la construcción de los seccionadores están reglamentados de acuerdo con las normas IEC 60129 y 60273 o las normas ANSI C29.8 y C29.9, y responder además a la IEC 60694 en lo que respecta a valores nominales y de ensayos. [22]

20.2.1 Normas de ensayos o mantenimientos a los seccionadores.

20.2.1.1 Ensayos de tipo.

Los ensayos de tipo son los detallados en la norma IEC 60129, en particular:

1. Ensayos dieléctricos.

- Ensayo de tensión soportada a impulso de rayo. (Según punto 6.1.6.1 de IEC 60129).
- Ensayo de tensión soportada a impulso de maniobra. (Según punto 6.1.6.2 de IEC60129).
- Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial. (Según punto 6.1.7 de IEC60129). [22]

2. Ensayo de radio interferencia. (Según punto 6.2 de IEC 60129).

3. Ensayo de calentamiento. (Según punto 6.3 de IEC 60129).

4. Medida de la resistencia del circuito principal. (Según punto 6.4 de IEC 60129).

5. Ensayo a intensidad de corta duración admisible y el valor de cresta de la intensidad admisible. (Según punto 6.5 de IEC 60129).

6. Ensayos de resistencia mecánica y de operación. (Según punto 6.102 de IEC 60129).

7. Ensayo de esfuerzo mecánico sobre el gancho de apertura. El gancho deberá soportar sin rotura ni deformación un esfuerzo de 200 Dan

8. Ensayo de esfuerzo mecánico de los aisladores que componen el seccionador (clausula 21 de la IEC 60168). [22]



20.2.1.2 Ensayos de rutina.

Los seccionadores serán sometidos individualmente durante su fabricación a los siguientes ensayos de rutina.

- Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en el circuito principal. (según punto 7.1 de IEC 60129).
- Medida de la resistencia del circuito principal. (según punto 7.3 de IEC 60129).
- Ensayos de operación mecánica. (Según punto 7.101 de IEC 60129).
- Ensayo de calidad de cincado. (Según norma N.MA. 22.05). **[22]**

20.3 NORMAS DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PARA TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.

Los tableros generales de acometidas serán instalados en sistemas de distribución secundaria, para distribuir y proteger las acometidas. Este tipo de tableros serán instalados dentro de los locales de Subestación (excepto en bóvedas) o en cuartos destinados especialmente para tal fin, donde tengan acceso los técnicos en sus trabajos de mantenimiento.

Para efectos de los Reglamentos Técnicos, todos los tableros eléctricos o los paneles de maniobra y control, deben cumplir las siguientes prescripciones, adoptadas de las normas NTC 3475, NTC-3278, NTC-IEC-60439-3 y NTC 2050 comprobables a partir del examen comparativo del producto contra los requisitos específicos aplicables establecidos en tales normas. Su ubicación obedecerá a lo estipulado en la Norma NTC 2050 Art.384-4.

Las normas que se escribirán a continuación, establecen las pruebas que deben someterse los tableros de distribución para su ideal funcionamiento.

- Ensayo de adherencia de pintura de acuerdo a la norma **(ASTM D 4541)**
- Ensayo de cámara salina, según **(ASTM B 117)**
- Verificación del Grado de protección IP, según **(NTC 3279)**



- Verificación de la dureza de la pintura según(**NTC 912**)
- Verificación de los límites de aumento de temperatura(**NTC 3278**)
- Verificación de propiedades dieléctricas (**NTC 3278**)
- Verificación de la resistencia de cortocircuito (**NTC 3278**) [20]
- Verificación de la conexión efectiva entre las partes conductoras expuestas del tablero y el circuito de protección. (**SIN NORMA**)
- Verificación del espesor de la pintura(**ASTM D 14000**)
- Verificación de distancias de seguridad y de fuga (**IEC 60664**)

20.3.1 Verificación de los límites de aumento de Temperatura.

Este ensayo debe realizarse de acuerdo al procedimiento descrito en la norma (**NTC 3278**). Se debe verificar que el aumento de temperatura no exceda los límites indicados en la siguiente tabla. [20]

Tabla 20.1 (Límites de temperatura en tableros eléctricos.) [20]

Parte	Aumento de temperatura
Encerramiento y cubiertas externas accesibles metálicas	30 K
Medios de operación manual (material aislante)	25 K

20.3.2 Verificación de las Propiedades Dieléctricas.

Se aplicará una tensión de ensayo de 2 kVA. Durante 1 minuto entre:

- Todas las partes energizadas y las partes conductoras expuestas e interconectadas del tablero.
- Cada polo y todos los otros polos conectados para este ensayo a las partes conductoras, expuestas e interconectadas del tablero.

El procedimiento a seguir es el indicado en la **norma NTC 3278**. [20]



20.3.3 Verificación de la Resistencia de Cortocircuito.

Esta prueba deberá realizarse solo si la corriente de corto circuito esperada supera los 10 kA o si el tablero está protegido por un interruptor limitador de corriente hasta de 15 kA. El procedimiento a seguir es el indicado en la **norma NTC 3278**.

20.3.4 Ensayo de Cámara Salina.

Las muestras deben ser nuevas y libres de grasa, aceite, polvo y otras impurezas. Para verificar la resistencia a la corrosión a dichas muestras se les hacen dos incisiones, de 0.5mm de espesor, en forma de cruz que llegue hasta el sustrato.

El ensayo de corrosión se realizará de acuerdo con la **norma ASTM B 117** (Prueba de

Cámara Salina) bajo las siguientes condiciones: Temperatura = 35°C, pH = 6,5-7,2 y concentración de cloruro de sodio al 5% durante 400 horas mínimo. Tiempo al que se verificará:

- a. La progresión de la corrosión en la incisión, debe ser inferior a 2mm.
- b. No deben presentar trazas de corrosión ni burbujas.
- c. El recubrimiento debe permanecer adherido a la capa de pintura conservando su color.

20.3.5 Medición del Espesor de Pintura

El espesor de pintura debe medirse con un medidor de espesores debidamente calibrado según la norma **ASTM D 14000**. [21]

Para la medición de los espesores de recubrimiento se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

- a. Lectura del espesor: Medida que muestra el medidor de espesores, al colocar una vez el sensor sobre la pieza a medir.



b. Medida del espesor: Promedios de 3 lecturas de espesor tomadas a una distancia aproximada de 2,5 cm.

Otra consideración fuera de los ensayos o pruebas que se le realizan a estos tableros, esta la marcación. Los tableros deberán contener la siguiente información:

- Placa de características de acuerdo con el numeral 5.1 de la NTC 3278 y artículo 17.9.3 del RETIE
- Rotulado de las unidades funcionales de acuerdo con el numeral 5.2 de la NTC 3278. **[20]**
- Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento de acuerdo con el numeral 5.3 de la NTC 3278. **[20]**

Adicionalmente se instalará en la parte media de la puerta una calcomanía de advertencia al cliente de 10 x 10 cm de fondo amarillo y letras negras, que contenga el siguiente texto:

Tabla 20.2 (Aviso de advertencia.) [26]

IMPORTANTE
Estimados clientes: El acceso y la manipulación de las conexiones eléctricas contenidas en este tablero, es prohibido. Cualquier operación y/o arreglo, debe hacerlo personal autorizado. Por lo tanto no rompa, ni permita la rotura de los sellos por personal no Autorizado. El incumplimiento a lo anterior ocasiona sanciones pecuniarias y suspensiones del servicio, de acuerdo con la Resolución CREG 070/98.



21. ANALISIS ECONOMICO.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento a la subestación eléctrica de la universidad de la costa CUC, se calcularon ciertos egresos causados para la realización del proyecto (costo mano de obra de ingenieros y director, préstamo de cámara fotográfica y equipos de protección personal), con el fin de realizar las inspecciones e informes pertinentes, para esto se diseñó una tabla la cual comprende las actividades realizadas con su respectivos costos. Dentro de ella están los ítems que sirvieron de apoyo, para sacar un presupuesto promedio representado en las siguientes tablas:

Tabla 21.1 (Presupuesto Mano De Obra.)

		MANO DE OBRA PERSONAL DE TRABAJO				
Items	Descripcion personal	Cantidad	Horas Semanales	Precio/Hora (\$)	Semanas a Trabajar (\$)	Monto Total (\$)
1.2	Ingeniero Director	1	2	17.000	20	680.000
1.3	Ingeniero Junior	2	4	20.000	20	3.200.000
				Subtotal Mano de Obra		3.880.000

Tabla 21.2 (Presupuesto Equipo.)

		PRESTAMOS DE EQUIPOS			
litems	Descripcion	Cantidad	Precio/Hora (\$)	Dias por Semanas	Monto Total (\$)
1.4	Camara Fotografica	1	12.000	1	12.000
1.5	Computadores	2	15.000	5	150.000
			Subtotal Equipos		162.000

Tabla 21.3 (Presupuesto Materiales.)

		MATERIALES UTILIZADOS			
Items	Descripcion	Cantidad	Precio (\$)	Dias por Semanas	Monto Total (\$)
1.6	Botas Aislantes	4	50.000	1	50.000
1.7	Cascos de Proteccion	2	20.000	1	20.000
1.8	papeleria por resma	1	12.000	20	240.000
1.9	trabajo en word	1	10.000	20	200.000
			Subtotal Materiales		440.000



Tabla 21.4 (Presupuesto Otros.)

		OTROS			
Items	Descripcion	Cantidad	Precio (\$)	Dias por Semanas	Monto Total (\$)
2.0	Transportes	2	1.500	20	600.000
2.1	Internet	1	1.500	20	300.000
2.2	Viaticos	2	10.000	5	500.000
				Subtotal Otros	1.400.000

Tabla 21.5 (Total Presupuesto.)

SUBTOTAL DE PRESUPUESTO	=	5.882.000
UTILIDAD (5%)	=	294.100
IVA SOBRE UTILIDAD (16%)	=	47.056
TOTAL PRESUPUESTO	=	6.223.156

Al realizar el análisis económico para el plan de mantenimiento preventivo a la subestación eléctrica se tuvo en cuenta lo siguiente:

El personal de trabajo, ingenieros junior e ingeniero director de la tesis, trabajando por parte de 2 horas en la mañana y 2 horas en la tarde, 1 hora en la mañana y 1 hora en la tarde, para el director de la tesis 2 horas, estimando un total de 20 semanas trabajadas en total.

Para el desarrollo de la tesis se tuvieron en cuenta varios equipos, una cámara fotográfica y dos computadoras los cuales fueron utilizados en calidad de préstamo, como lo indica la tabla 21.2 (Presupuesto de equipos).

En la inspección del área de la subestación eléctrica y el levantamiento fotográfico, se emplearon varios materiales, como cascos de protección, 2 pares de botas aislantes, y ya en la parte de oficina la papelería y por último el trabajo en Word como se encuentran indicados en la tabla 21.3 (Presupuesto de materiales)

Hubo otros tipos de gastos durante el desarrollo de la tesis que se incluyeron para el análisis económico como transporte, alimentación e internet mostrados en la tabla 21.4

Al culminar este análisis económico de cada una de las actividades establecidas en las tablas mencionadas anteriormente, dio como resultado un valor de \$ 6.223.156, que indica el monto total del desarrollo de la tesis.



22. RECOMENDACIONES

Después de haber hecho el levantamiento y la inspección visual en la subestación eléctrica de UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC de los equipos dentro de esta, cabe mencionar unas recomendaciones a tener en cuenta:

- Foso de aceite para prevenir el vertido de aceite al exterior en caso de fuga del transformador, se debe disponer de un foso con revestimiento resistente y estanco para la recogida del mismo. Según la norma CTS 510 – 513. **[23]**
- Ventana de inspección debe de contar con una perforación de 30 mm X 30mm formando una rejilla de 250X350 mm, que permita la inspección visual del equipo dentro de la celda. También debe incluir un vidrio de seguridad de mínimo 5 mm de espesor el cual será fijado en la parte interior de la puerta por medio pisa vidrios. Según el art 450-45 C de la numeral de la NTC2050. **[25]**
- Brocales las puertas deben contar con un lumbral de altura suficiente para recoger dentro de la bóveda el aceite del transformador, para que no vaya a tener circulación hacia la parte de afuera.
- Las paredes y techos deben estar hechos en materiales con resistencia estructural adecuada a las condiciones de uso y resistencia mínima al fuego de tres horas. Un elemento a utilizar con resistencia de tres horas al fuego es el concreto reforzado de 15 cm de espesor.
- La puerta corta fuego se recomienda ya que este elemento es utilizado para conservar durante un tiempo determinado: la estabilidad y la no emisión de gases inflamables y el aislamiento térmico. Estas puertas deben de tener mínimo un grado de resistencia de tres horas al fuego ver norma **CTS 517-3.[24]**
- Señalización deberá tener letreros de advertencia de carácter permanente y que sean visibles.



- Distancia mínima de 60 cm entre celda y transformador.
- DPS tipo interior al lado del transformador.
- Cumplir con las normas existentes de seguridad y trabajos de mantenimiento.
- Se recomienda el cambio de la platina, debido que el transformador de 800 kVA tiene instalado barras de cobre con capacidad de corriente de 459 Amp por cada una de estas, la cual son 2 dando una capacidad de corriente de 918 Amp y diámetros de 1X3/8", esta no cumple con las especificaciones técnicas de corriente para el transformador instalado, debido a que estas corresponde al transformador anteriormente instalado que tenía la capacidad de 500 kVA, lo cual genera calentamiento en las protecciones y conductores generando perdidas, de acuerdo a la capacidad instalada se debe utilizar una platina ya sea (3X3/8" ó 2X1/2") con capacidad de corriente de 1380Amp y 1225Amp respectivamente.
- Se recomienda colocar los conductores en bandejas, esto para evitar el deterioro del material aislante debido al polvo, a la humedad.
- Se recomienda conectar bien los conductores que van hacia los breakers, puesto una mala conexión de estos, generan puntos calientes y por lo tanto se van oxidando y deteriorando.
- Se recomienda utilizar terminales de ponchar, debido a que los existentes no son confiables, por que producen puntos calientes y causan el aflojamiento de los tornillos.
- Se recomienda utilizar mantas termoencogibles en los bornes del transformador para evitar contacto con las celdas de los tableros.



23. CONCLUSIONES

Al finalizar todo este proceso en el desarrollo del plan de mantenimiento a la subestación de la universidad de la costa CUC es importante destacar lo siguiente:

- Adoptar una planificación y programación del mantenimiento en la subestación eléctrica, para lograr una mayor confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica en todas las instalaciones de la universidad de la costa debido a que en el momento no cuenta con ningún tipo de formato de actividades a realizar para el sistema y el cual se encuentra más propenso a una falla que pueda provocar una ausencia de energía a la universidad de la costa CUC.
- Debido a la continuidad del servicio que debe proporcionar la subestación, se aplica a este sistema el mantenimiento preventivo como una defensa, debido a que la subestación de la universidad de la costa no cuenta con un respaldo de energía en caso de ausencia de tensión en el sistema por lo tanto la única manera de mitigar este problema es implementando un buen mantenimiento al sistema completo.
- Al aplicar este formato de actividades de mantenimientos regidos por la normas actuales o vigentes los operadores tienen las instrucciones más claras y concisas a lo que deben aplicar a la hora de realizar el mantenimiento preventivo para cada equipo y el tiempo en que se le va implementar, dándole al sistema eléctrico de la universidad de la costa CUC confiabilidad y seguridad.



BIBLIOGRAFIA

- [1] RETIE, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, 7 abril 2004 modificada parcialmente mediante resolución 180- 498, 29 abril 2005, agosto 6 2005,
- [2] ESP OIL, Engineering Consultante; Mantenimiento a Subestaciones Eléctrica.
<http://es.scribd.com/doc/37295657/Esp-Oil-Mantenimiento-de-Subestaciones-Electric-As>.
- [3] PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, instructivos de seguridad para la ejecución de trabajos eléctricos, Bogotá, Diciembre de 2008.
<http://www.javeriana.edu.co/puj/viceadm/oym/ppd/documentos/IF/P60/IN/INSTRICTIVO%20DE%20SEGURIDAD%20PARA%20TRABAJOS%20ELECTRICOS.pdf>
- [4] GABRIEL AUGUSTO NAZATE VALLEJO, ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO, Mantenimiento de la Subestación Santa Rosa, mayo 2003.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4468/1/M-ESPEL-0005.pdf>
- [5] CONALEP, mantenimiento de subestaciones eléctricas.
http://www.conalepslp.edu.mx/biblioteca/manual_07/electromecanica-02.pdf
- [6] CODELECTRA, Norma Venezolana, seguridad en el mantenimiento de subestaciones eléctricas.
<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3113-94.pdf>
- [7] EPSA, Especificaciones Técnicas y Normas de Mantenimiento a Transformadores de Distribución, Cali, Febrero 2000.
<http://www.epsa.com.co/Portals/0/documentos/normastecnicas/RA7-101transformadordedistribucion.pdf>
- [8] Enersis Endesa, Especificaciones Técnicas para seccionadores de Media Tensión, Junio 2010.
http://www.coelce.com.br/media/46607/e-se-008%20_celdas%20mt_rev61.pdf
- [9] CODENSA, Especificaciones Técnicas y Mantenimientos a Tableros Generales de Acometidas, Diciembre de 2009.
http://www.codensa.com.co/documentos/3_11_2010_11_53_43_AM_ET-908.pdf



[10] MANUAL DE CALIDAD DE TAREAS, Mantenimiento para Tableros Eléctricos.

http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=manual%20de%20calidad%20de%20tareas%2C%20mantenimiento%20para%20tableros%20el%C3%A9ctricos.&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffabricasrl.com%2Fmdadoc%2FManual%2520de%2520Calidad%2FCap%25202%2FTableros%2520seccionales%2FCap%25202%2520-%2520Tableros%2520El%25C3%25A9ctricos%2520Seccionales.doc&ei=4Vs1UPGOGcrr6wHnzIDQBA&usg=AFQjCNE96_JgCg8q6nwEImg5jBjIEEW7jA&cad=rja

[11] Norma NTC 316, Prueba de calentamiento, 1998, Septiembre 23.

<http://www.wmsas.co/documentos/Normas%20sector%20electrico/Transformadores/NTC316.PDF>

[12] Norma NTC 375, Medida de la resistencia de los devanados, 1970, Febrero 24.

<http://es.scribd.com/doc/50087336/NTC375>

[13] Norma NTC 380, Pruebas eléctricas. Generalidades, 2001 Septiembre 26.

<http://www.wmsas.co/documentos/Normas%20sector%20electrico/Transformadores/NTC380.PDF>

[14] Norma NTC 471, Relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase, 1974, Abril 17.

<http://www.wmsas.co/documentos/Normas%20sector%20electrico/Transformadores/NTC471.PDF>

[15] Norma NTC 532, Actitud para soportar el cortacircuitos, 1999, Diciembre 17.

<http://www.wmsas.co/documentos/Normas%20sector%20electrico/Transformadores/NTC532.PDF>

[16] Norma NTC 801, Limites de calentamiento, 1976, Octubre 08.

<http://es.scribd.com/doc/50089876/NTC801>

[17] Norma NTC 836, Niveles de aislamiento, 1998, Abril 22.

<http://es.scribd.com/doc/50090126/NTC836>



[18] Norma NTC 1005, Determinación de la tensión de cortocircuito, 2003, Diciembre 19.

<http://es.scribd.com/doc/50091952/NTC1005>

[19] Norma NTC 1031, Pruebas para determinar pérdidas y corriente sin carga, 1998, Septiembre 23.

<http://www.wmsas.co/documentos/Normas%20sector%20electrico/Transformadores/NTC1031.PDF>

[20] Norma NTC 3278, Trabajos de mantenimiento a tableros eléctricos, 2001, Octubre 31.

<http://es.scribd.com/doc/50155891/NTC3278>

[21] Norma ASTM 14000, Verificación de espesor de pintura.

http://www.codensa.com.co/documentos/3_11_2010_11_53_43_AM_ET-908.pdf

[22] Norma ANSI e IEC (60129), Mantenimiento a seccionadores tripolares, Diciembre 2000.

http://www.coelce.com.br/media/44707/coelce_normas_corporativas_20060620_301.pdf.

[23] Norma CTS 513.

[24] CODENSA, norma CTS 517-3, Puertas cortafuego para bóveda de transformador.

http://www.codensa.com.co/documentos/3_19_2010_11_42_15_AM_CTS%20517-3.pdf

[25] Consejo Directivo, Norma NTC 2050, 25 noviembre 1998.

[26] Resolución CREG 070/98.

24. ANEXOS

24.1 FOTOGRAFIAS DEL LEVANTAMIENTO A LA SUBESTACION ELECTRICA DE UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC.



Celda de Equipo de Medida.



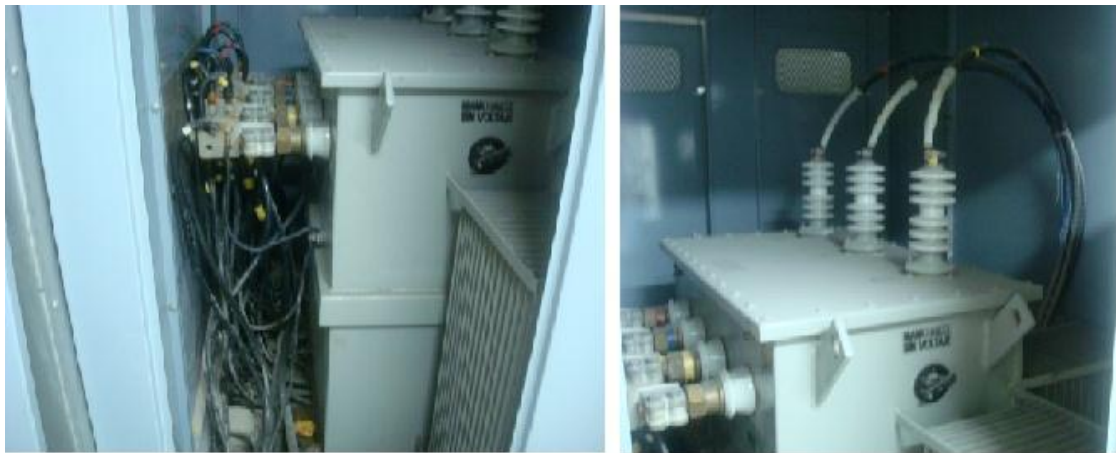
Celda de Equipo Seccionador S/E CUC.



Celda De Transformador 800 KVA Universidad de la costa CUC.



Celda de Tablero de Protecciones Universidad de la costa CUC.



Conexión de Conductores en el Transformador Convencional.



Distribución de Cableado hacia las Protecciones.



Conexión de Conductores a Protecciones.